

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE BACHARELADO

O DESTINO DOS PNEUS DESCARTADOS:
Leis Vigentes e Tecnologias Utilizadas no Brasil

OHANA VITOR POURRE

ohanapourre@gmail.com

DRE: 109021135

ORIENTADORA: Prof.^a Valeria Gonçalves da Vinha

valeriavinha@globo.com

ABRIL 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE BACHARELADO

O DESTINO DOS PNEUS DESCARTADOS:
Leis Vigentes e Tecnologias Utilizadas no Brasil

OHANA VITOR POURRE

ohanapourre@gmail.com

DRE: 109021135

ORIENTADORA: Prof.^a Valeria Gonçalves da Vinha

valeriavinha@globo.com

ABRIL 2016

As opiniões expressas neste trabalho são da exclusiva responsabilidade do autor

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, que sempre me apoiaram independente da situação e decisão por mim tomada.

Obrigada minha família, por todo amor e conforto que recebo.

Agradeço ao meu marido, que caminhou ao meu lado, com muita paciência e dedicação, em toda a minha caminhada acadêmica.

Agradeço aos meus amigos, os quais sempre me mostraram que a vida é constituída não apenas de estudo e trabalho, como também, de boas risadas e companheirismo.

Agradeço a minha orientadora Valeria Gonçalves da Vinha, pelo incentivo e conselhos para que eu pudesse concluir o presente trabalho.

RESUMO

O descarte de pneus inservíveis, realizado de forma incorreta, trata-se de uma adversidade enfrentada por muitos países. Os impactos negativos gerados ao meio ambiente e à sociedade são inúmeros. No Brasil, de acordo com as leis nacionais, é responsabilidade do produtor e importador o tratamento pós-consumo do produto. Com isso, o objeto de estudo do presente trabalho corresponde ao sistema atual de gerenciamento de pneus inservíveis, inspirado em moldes europeus, e sua capacidade de redução das externalidades negativas no país. São abordados desde aspectos relacionados ao sistema de distribuição dos pontos de coleta no território, logística de transporte do produto, revalorização do material até as tecnologias utilizadas como destinação final dos pneus. Foram analisados aspectos como a legislação vigente, a relevância das entidades ANIP e Reciclanip para a organização de todo o processo referente ao tratamento ambientalmente correto do pneu, o cumprimento das metas determinadas, assim como, a participação do Mercado de Crédito no setor de pneus.

Palavras Chaves: Pneus Inservíveis. Externalidades. Legislação. Gerenciamento. Destinação Final.

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANIP - Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos

BVRio – Bolsa Verde do Rio de Janeiro

CDAs - Créditos de Destinação Adequada

CDAs-PN - Créditos de Destinação Adequada de Pneus

CLM - *Council of Logistics Management*

CTF - Cadastro Técnico Federal

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ELT - *End of life tyres*

ETRMA - *European Tyre and Rubber Manufacturers' Association*

IBAMA - do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

SIG-PN - Sistema Integrado de Gerenciamento de Pneus e Pontos de Coleta

SIGNUS - Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ILUSTRAÇÃO DAS DIFERENTES PARTES QUE COMPÕEM UM PNEU

FIGURA 2: ETAPAS DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DO PRODUTO ATRAVÉS DA LOGÍSTICA REVERSA

FIGURA 3: ETAPAS DA GESTÃO DO CICLO DE VIDA DOS PNEUS INSERVÍVEIS NO BRASIL

FIGURA 4: ILUSTRAÇÃO DA HIERARQUIA DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA UNIÃO EUROPEIA

FIGURA 5: SISTEMAS DE GESTÃO UTILIZADOS NOS PAÍSES DA EUROPA

FIGURA 6: PROCESSO DE TRITURAÇÃO E GRANULAÇÃO DOS PNEUS A TEMPERATURA AMBIENTE

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: VIDA ÚTIL DOS TIPOS DE PNEUS

TABELA 2: PRODUÇÃO NACIONAL DE PNEUS

TABELA 3: DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DOS PNEUS INSERVÍVEIS REGISTRADOS, POR REGIÕES E ESTADOS, EM 2013

TABELA 4: QUANTIDADE, EM TONELADAS, DE PNEUS INSERVÍVEIS ENCAMINHADOS PARA O PROCESSO DE LAMINAÇÃO NO BRASIL

TABELA 5: QUANTIDADE DE PNEUS INSERVÍVEIS, EM TONELADAS, UTILIZADOS NO PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DE XISTO NO BRASIL

TABELA 6: QUANTIDADE DE PNEUS INSERVÍVEIS, EM TONELADAS, UTILIZADOS EM CADA PROCESSO DE DESTINAÇÃO FINAL NO BRASIL

TABELA 7: CUMPRIMENTO DAS METAS DETERMINADAS PELA RESOLUÇÃO Nº 416/09

TABELA 8: ATIVIDADES QUE ENVOLVEM PNEUS USADOS, PRATICADAS NA EUROPA, EM 2013

LISTA DE GRÁFICOS

**GRÁFICO 1: EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PONTOS DE COLETA NO PAÍS,
PERÍODO DE 2004 A 2013**

**GRÁFICO 2: NÚMERO DE PONTOS DE COLETA DE PNEUS INSERVÍVEIS
CADASTRADOS, DISTRIBUÍDOS PELO PAÍS**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO I: PNEUS	14
I.1 História dos Pneus	14
I.1.1 Pneus	15
I.2 Externalidades	19
I.2.1 Mercado de Crédito de pneus	22
I.2.2 Indústria do Pneu no Brasil	23
I.3 Riscos Potenciais e Danos Efetivos	25
CAPÍTULO II: LEGISLAÇÃO E GERENCIAMENTO	28
II.1 Legislação do Brasil	28
II.1.1 Resoluções CONAMA	28
II.1.2 ABNT: Definição de Resíduos Sólidos e a Classificação dos Pneus	30
II.1.3 PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos	31
II.1.4 Legislações e os Pneus Inservíveis	33
II.2 Logística Reversa	34
II.2.1 Conceitos: Logística e Logística Reversa	34
II.2.1.1 Logística	34
II.2.1.2 Logística Reversa	35
II.3 Modelo de Gestão Nacional	39
II.4 Europa	44
II.4.1 Legislação na Europa	44
II.4.2 Modelo de Gestão na Europa	45
CAPÍTULO III: DESTINAÇÃO FINAL DOS PNEUS	49
III.1 Sistemas de Destinação Final dos pneus no Brasil	50
III.1.1 Reciclagem	50
III.1.1.1 Desvulcanização	52
III.1.1.2 Laminação dos Pneus	53
III.1.2 Valorização Energética	54
III.1.2.1 Co-processamento	54
III.1.2.2 Industrialização de Xisto	55
III.1.2.3 Pirólise	56
III.1.3 Destinação Final no Brasil	57
III.1.4 Pavimentação Asfáltica	58
III.2 Cumprimento de Metas no Brasil	59
III.3 Destinação final na Europa	60
CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

INTRODUÇÃO

CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Um dos temas mais abordados e discutidos no século XXI trata-se da questão ambiental, da relação do ser humano com o meio ambiente e suas consequências. A natureza, desde as antigas civilizações, foi utilizada como fonte de matéria prima para a construção de ferramentas fundamentais para o desenvolvimento da sociedade e de recursos naturais para a sobrevivência do homem. A intensa exploração e deterioração do meio ambiente além do aparecimento frequente de relevantes impactos negativos, como por exemplo, a redução da qualidade do ar, poluição de rios e mares e destruição de florestas, são indícios de que certas práticas precisam ser repensadas.

A sociedade atual atingiu altos níveis de industrialização, progresso econômico e desenvolvimento tecnológico e científico. A produção em escala, fabricação de produtos com a durabilidade cada vez mais reduzida, juntamente com o hábito consumista estimulado pela mídia, são fatores que elevam o número de mercadorias em circulação. O aumento do número de produtos transacionados implica no aumento da busca por recursos naturais e, por consequência, aumenta o volume de material descartado. Com isso, a fim de satisfazer as necessidades dos consumidores, que ultrapassam as necessidades básicas, a natureza tem sido alvo de intensa degradação.

O descarte dos materiais, sem o devido tratamento ou em lugares inapropriados, podem causar impactos negativos ao equilíbrio ecológico, além de representar riscos à saúde humana. Diante de tal cenário, nos últimos tempos, foram despertadas preocupações relacionadas à saúde pública e iniciativas de conscientização e preservação do meio ambiente.

A natureza continua sendo a provedora de alimentos, oxigênio e matérias-primas necessárias para a sobrevivência do ser humano, portanto, é essencial a percepção da sociedade quanto a interferências de suas ações em relação ao meio ambiente. Mudanças na atuação humana são fundamentais para a promoção do bem-estar social e manutenção dos recursos naturais.

O presente trabalho possui como objeto de análise o pneu inservível. Pneus abandonados em locais a céu aberto e sem tratamento, estão sujeitos à queimadas, contaminação do solo, além de representar outros riscos socioambientais. Ao serem usados como criadouro de mosquitos, os pneus abandonados contribuem também para a propagação de doenças, por exemplo, a dengue que representa um grande problema de saúde pública no país.

Além de todos os riscos e malefícios que representam os pneus descartados de forma inadequada, seu tempo de deterioração no meio ambiente é considerado incerto, com isso, a existência de um cuidado ao descartar o resíduo é essencial para manutenção do bem-estar social e preservação da natureza.

No Brasil, a frota de veículos no país tem apresentado aumento dos últimos anos. Em agosto de 2015, de acordo com dados do DENATRAN, foi registrado um número superior a 89,4 milhões de veículos. A produção de pneus é diretamente relacionada à quantidade de veículos, sendo assim, com a elevação do número de pneus e as sérias adversidades geradas pelo descarte impróprio, em 1999, foi aprovada a primeira resolução voltada especificamente para o gerenciamento dos pneus pós-consumo.

A Resolução CONAMA nº 258/99 estabelece normas referentes à disposição dos pneus descartados e determina aos produtores e importadores de pneus a responsabilidade pelo ciclo total do produto. Sua aprovação contribuiu para consolidação do modo de gestão nacional, inspirado em modelos utilizados em países da Europa. Em 2010, foi aprovada a Lei 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual também regula o descarte dos pneus.

Os pneus, a fim de atender as exigências legais, são utilizados em procedimentos de reciclagem ou valorização energética, oferecidos por determinadas empresas. O processo de logística reversa dos pneus inservíveis é iniciado nos pontos de coletas dos municípios e possui como destinação final unidades registradas no Cadastro Técnico Federal (CTF), junto ao IBAMA.

A estruturação do sistema de tratamento dos pneus pós-consumo no país se apresenta como um plano economicamente viável. A participação e conscientização da sociedade e incentivos governamentais, no entanto, são fatores indispensáveis para execução do gerenciamento e redução dos impactos negativos proveniente do descarte dos pneus.

Diante dessa situação, a relevância para o desenvolvimento do estudo é pautada na acentuada geração dos passivos socioambientais do setor de pneus do país e na efetividade corretiva das atividades operacionais em vigor.

OBJETIVOS

Geral

- Demonstrar a importância do tratamento adequado de resíduos sólidos, pneus inservíveis, visto não apenas como fonte alternativa de energia e matéria-prima, como também, uma solução para aumentar o bem estar social e a preservação ambiental.

Específicos

- Identificar as externalidades associadas ao descarte inadequado de pneus inservíveis;
- Apresentar a legislação nacional vigente e práticas relacionadas ao descarte de pneus inservíveis no Brasil e comparar com o sistema de gestão na Europa;
- Estudar os possíveis benefícios proporcionados pela estratégia de gerenciamento da destinação adequada de pneus inservíveis, a fim de verificar seu potencial como solução para os passivos socioambientais gerados pelo setor de pneus.

METODOLOGIA

A base para a realização do presente trabalho consiste na pesquisa exploratória. A pesquisa prosseguirá apoiada em uma revisão bibliográfica de artigos acadêmicos, teses e *websites* de entidades relevantes para o tema. A Resolução CONAMA nº 416 de 2009, Lei 12.305/10 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Relatórios de Pneumáticos-IBAMA e a base de dados apresentada pela ANIP e Reciclanip serão fontes de informação fundamentais para a elaboração do trabalho.

PERGUNTAL GERAL

O sistema de gerenciamento dos pneus inservíveis presente no Brasil trata-se de uma solução para as externalidades negativas geradas pelo descarte inadequado de tais resíduos?

ESTRUTURA DO TRABALHO

A divisão do trabalho é dada a partir de três capítulos. O primeiro capítulo busca apresentar a questão das externalidades, diante de duas distintas visões, relevantes para questão ambiental e para caso específico dos pneus. Em seguida, há uma breve menção à origem dos pneus, assim como, sobre peculiaridades, composição e considerações gerais do objeto. Por fim, a indústria de pneus no Brasil é apresentada, juntamente, com os possíveis danos gerados pelo descarte inadequado do material.

O segundo capítulo tem como foco a legislação, modelo de gestão nacional e entidades envolvidas no tratamento voltado para os pneus descartados. O conceito de Logística Reversa é abordado e associado ao gerenciamento utilizado. Em seguida, normas, modelo de gestão e aplicações práticas da Europa são apresentados com propósito comparativo.

O terceiro capítulo trata, basicamente, do sistema de gerenciamento utilizado no Brasil. As principais destinações finais dos pneus são detalhadas, com ênfase nas práticas legalmente aceitas. O tópico seguinte evidencia os dados relativos ao cumprimento das metas determinadas por leis no país. Na última parte do capítulo são apresentados dados da destinação final dos pneus na Europa.

CAPÍTULO I: PNEUS

I.1 História dos Pneus

A necessidade de locomoção dos seres humanos sempre esteve presente, desde as sociedades mais primitivas. Em tempos remotos, a busca de locais temporários para habitar com maior abundância de alimentos e segurança correspondia à condição básica para a sobrevivência humana. Como nômades, o deslocamento de cargas mais pesadas apresentava certa limitação, inclusive para os animais domesticados que possuem força e resistência superior aos seres humanos. Em função dessa necessidade, mecanismos de transporte foram desenvolvidos ao longo do tempo.

No passado, os veículos utilizados possuíam rodas fabricadas a partir de materiais como madeira ou ferro. Com o tempo, as rodas passaram a ser produzidas a partir da borracha, por possuírem maior durabilidade e resistência a impactos (INFOPENUS, 2008). A borracha quando exposta a deformações externas ou esforço mecânico, possui a capacidade de voltar a sua forma e tamanho original rapidamente (BNDES, 1997).

Em seu estado natural, a borracha trata-se de uma matéria prima, formada por polímeros, obtida a partir da seiva leitosa da seringueira, *Hevea Brasiliensis*, originária do Brasil na região Amazônica. No fim do século XIX, disseminou-se pelo mundo devido à sua boa adaptação e êxito de seu plantio nas florestas tropicais da Ásia (INFOPENUS, 2008).

O procedimento para a extração da seiva ocorre através de cortes superficiais no tronco da árvore. A borracha natural, então, escorre e é recolhida através de recipientes. Após a coleta, o material coagula e seca, no entanto, para que seja transformado em borracha, passa por etapas de aquecimento e processamento com outras substâncias químicas (INFOPENUS, 2008).

No século XX, entretanto, a Alemanha desenvolveu uma tecnologia capaz de produzir, artificialmente, a borracha a partir do petróleo. A borracha sintética apresenta semelhança à natural, contudo, não possui a mesma resistência quando exposta a alterações bruscas de temperatura e intenso aquecimento (INFOPENUS, 2008).

Em torno de 1830, o americano Charles Goodyear, através de um acidente em suas experimentações, descobriu o processo de vulcanização. Ao cozinhar a borracha em temperaturas elevadas juntamente com o enxofre, constatou que as condições do material eram mantidas tanto no calor quanto no frio (SINPEC, 2011).

No ano de 1845, um engenheiro da Escócia chamado Robert Thomson, aos 23 anos, decidiu incorporar ar e borracha às rodas de sua carruagem, a fim de reduzir o barulho e torná-las mais macias. A invenção do pneu ocorreu a partir da utilização de uma tira oca de borracha inflada, de modo a criar um colchão de ar para amortecer os impactos (INFOPENUS, 2008; JOHNSON, 2015). No mesmo ano, os irmãos Édouard e André Michelin registraram a primeira patente de pneus para automóveis (ANIP, 2013).

Em 1888, um veterinário, também escocês, para ajudar o desempenho do filho ao pilotar seu triciclo, inventou o pneu composto pela borracha e uma câmara de ar (DUNLOP, 2015). A partir da ideia de John Boyd Dunlop, surgiu o primeiro pneu para bicicletas (INFOPNEUS, 2008).

A partir de então, sendo os pneus elementos indispensáveis para o funcionamento de veículos, passaram a ser produzidos em maiores escalas. Sendo assim, fábricas e empresas dedicaram grandes esforços para melhorias e maior segurança dos pneus (ANIP, 2013).

I.1.1 Pneus

A vulcanização é considerada a descoberta mais importante para a fabricação dos pneus. O material, ao ser submetido à vulcanização, concede forma aos pneus, os quais se configuram em objetos mais seguros com alta absorção de impactos (SINPEC, 2011). Durante o processo o pneu é disposto em um molde e exposto à determinada temperatura e pressão, durante certo período de tempo. Sua função consiste em atribuir a consistência do material e o desenho final do produto, de acordo com especificações técnicas e o modelo em questão (ANIP, 2013).

Desde as primeiras formas de rodas até a atual configuração dos pneus, houve um longo caminho de evolução e aperfeiçoamento do material. Nos dias atuais, segundo a ANIP, a fabricação dos pneus é dada através de *“um processo produtivo bem complexo, que vai desde a preparação da borracha até a produção de itens para compor o produto final. As partes de um pneu contam com propriedades físicas e químicas diferentes”* (ANIP, 2013). Empresas, produtoras de pneus, continuam investindo em novas tecnologias para a produção de pneus, em busca de maior segurança e melhor desempenho dos produtos.

Os pneus são formados por um invólucro, compostos principalmente de borracha, os quais são ligados ao aro da roda, caracterizados principalmente por sua resistência e flexibilidade. Sua composição, no entanto, requer grande precisão ao combinar diversos elementos, como por exemplo: borracha natural, borracha sintética, derivada do negro de fumo originado do petróleo, enxofre, principal elemento no processo de vulcanização, cabos e cordonéis de aço, dentre outros filamentos metálicos e sintéticos (ANIP, 2013; MICHELIN, 2012).

A diversidade de tamanhos, tipos e modelos conforme categorias e atividades que estão submetidos são características presentes entre os pneus. O objeto pode ser encontrado em diferentes veículos como: automóveis, caminhões, ônibus, aeronaves, tratores, equipamentos agrícolas e industriais, assim como carrinhos de bebê, cadeiras de rodas, bicicletas e motocicletas.

De acordo com a FIGURA 1, pode-se observar as diferentes partes que compõem um pneu automotivo da Michelin (MICHELIN, 2012):

FIGURA 1: ILUSTRAÇÃO DAS DIFERENTES PARTES QUE COMPÕEM UM PNEU



1- Revestimento de borracha interior

5- Flanco

2- Carcaça

6- Lonas de topo

3-Zona Baixa

7-Lonas de topo

4-Aro de talão

8-Banda de rolamento

Fonte: MICHELIN, 2012.

- **Revestimento de borracha interior**

Corresponde a camada interior dos pneus, a qual é composta de borracha sintética e funciona como câmara de ar.

- **Carcaça**

Trata-se de uma estrutura flexível formada por filamentos têxteis ou de aço, onde as outras camadas do pneu se sobrepõem. Devido à grande resistência dos filamentos, é responsável por suportar o peso e a velocidade, além de auxiliar na estabilidade.

- **Zona Baixa**

Sua função é conduzir a potência, aceleração e frenagem do veículo para a região de contato com solo.

- **Aro de talão**

Constitui a parte do pneu que se fixa no aro. É formada por filamentos não extensíveis e apresenta a função de vedar o pneu.

- **Flanco**

Área localizada entre a banda de rolamento e os talões do pneu, a qual corresponde à altura do pneu. Sua função consiste em suportar peso, flexões mecânicas, altos impactos e atrito, além de contribuir para estabilidade e conforto do veículo.

- **Lonas de topo**

São compostas por filamentos metálicos revestidos de borracha, estão localizadas sobre a região da carcaça. Sua estrutura arqueta uma cintura a qual atribui ao pneu resistência mecânica, à força centrífuga e à velocidade;

- **Banda de rolamento**

Trata-se da região do pneu que possui contato com o solo. É composta por uma camada de borracha que apresenta fendas e sulcos e constitui o piso do pneu. Sua função trata-se de prover aderência e tração, estabilidade, resistência ao desgaste e agressões, além de contribuir para conforto acústico ao movimentar-se.

De acordo com definição da Portaria nº05, de 14 de janeiro de 2000, editada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), os pneus são:

O mesmo que pneumático. Componente do sistema de rodagem constituído de elastômero, produtos têxteis, aço e outros materiais que quando montado numa roda de veículo e contendo fluido(s) sob pressão, transmite tração dada sua aderência ao solo, sustenta elasticamente a carga do veículo e resiste à pressão provocada pela reação do solo (Inmetro, 2012; pág. 5).

Sendo assim, considerando sua complexidade e variadas funções, a manutenção de sua efetividade e segurança, assim como, seu tempo de vida útil depende de diversos fatores. A conservação correta e adoção de certos hábitos contribuem para que a durabilidade do pneu seja estendida. As orientações da Goodyear, a seguir, abordam determinadas práticas que influenciam na durabilidade do pneu:

- Pressão de ar: Utilizar a pressão de ar indicada nos manuais dos veículos, por exemplo. Para veículos como caminhões e ônibus, no entanto, a pressão de ar deve estar vinculada ao peso da carga e a velocidade;
- Rodízio dos pneus: A rotatividade dos pneus deve ser feita a cada 5.000km para nivelar os desgastes, mantendo sempre o mesmo sentido da rotação. Para ônibus e caminhões, o rodízio deve ocorrer de acordo com regulações determinadas por lei;
- Depósitos de pneus: Ao guardar os pneus, o produto deve estar limpo e ser mantido em locais cobertos, sem qualquer umidade ou presença de resíduos químicos;
- Comportamento do motorista: O modo de dirigir de cada motorista, também consiste em um fator que contribui para aumento do desgaste dos pneus. Evitar altas

velocidades, terrenos com grandes atritos e freadas bruscas influenciam no nível de desgaste que o pneu está submetido (GOODYEAR, 2013).

A TABELA 1 apresenta o tempo de vida útil relacionado a diferentes tipos de pneus. Os dados são referentes à 1ª vida dos pneus, mantidos em condições normais:

TABELA 1: VIDA ÚTIL DOS TIPOS DE PNEUS

TIPO DE PNEU	VIDA ÚTIL
Trator	10 a 12 anos
Automóveis	até 80.000 km
Ônibus E Caminhões	até 200.000 km
Motocicletas	30.000 km
Aviões	200 pousos e decolagens
Empilhadeiras	4.000 a 5.000 horas

Fonte: Adaptado de LAGARINHOS, 2011 (TESE).

I.2 Externalidades

As externalidades, de um modo geral, são definidas na teoria econômica, como os efeitos resultantes de uma atividade produtiva as quais atingem o bem-estar de uma terceira parte. Os impactos gerados não estão incorporados no custo dos produtos e são pagos pela sociedade ou mesmo pelo meio ambiente.

O resultado proveniente das ações de empresas ou de fatores externos podem ser classificado como positivo ou negativo. Segundo os autores Vasconcellos e Garcia, uma externalidade positiva ocorre quando um agente econômico fornece benefícios para terceiros sem receber nenhuma forma de pagamento em troca. A externalidade negativa acontece quando o agente econômico gera custos para terceiros e, os mesmos, não recebem compensações equivalentes (VASCONCELLOS; GARCIA, 2009).

Em 1890, em *Principles of Economics*, Alfred Marshall foi pioneiro ao abordar a temática das externalidades diferenciando a existência de “*economias internas*” e

“*economias externas*” em uma empresa. Conforme o autor, a economia interna corresponde aos elementos e peculiaridades existentes na própria empresa. A economia externa é formada pelo conjunto de fatores presentes no local onde a empresa se encontra (MARSHALL, 1890).

A externalidade descrita por Marshall constitui apenas o ponto de partida referente ao assunto para a literatura econômica. No ano de 1920, Arthur Cecil Pigou, em *The Economics of Welfare*, discute sobre as externalidades e discorre sobre o bem-estar da coletividade com enfoque econômico. A teoria do autor é pautada nas divergências existentes entre o produto marginal social líquido e produto marginal privado líquido gerado por um processo produtivo.

Entende-se por produto social marginal líquido: o produto derivado do acréscimo, na margem, do uso de fatores o qual abrange inclusive, os impactos gerados a um agente econômico. O produto privado marginal líquido define-se como: o produto derivado do acréscimo, na margem, referente à parte que realizou o investimento dos fatores (PIGOU, 1920).

Com isso, a diferença é estabelecida pela parcela do produto fabricado, a qual pode gerar impactos positivos ou negativos, em primeira instância, na sociedade e não no agente econômico o qual realizou o investimento. Para as empresas, não é conveniente internalizar os custos sociais resultante de suas atividades de produção (PIGOU, 1920).

A presença de tal falha dificulta a distribuição eficiente de recursos e causa desequilíbrio no mercado. Sendo assim, Pigou sugere como um caminho para corrigir o impasse, a intervenção do Estado a fim de controlar as forças econômicas e promover bem-estar (PIGOU, 1920).

A proposta de correção apresentada por Pigou corresponde à cobrança de taxas sobre a esfera privada, equivalente ao custo social gerado, a fim de compensar os danos causados. Mediante a cobrança de tal tributo, através de intermediação Estatal, os custos sociais tornam-se privados, e as externalidades podem ser internalizadas (PIGOU, 1920).

A participação do governo no tratamento da imperfeição do mercado corresponde a uma força externa interventora, com o propósito de intermediar as relações que envolvem externalidades. As políticas de taxação de carbono presentes em alguns países, por exemplo, apresentam correspondência com o imposto proposto por Pigou e sua teoria (PIGOU, 1920) ao buscar um ajuste na falha de mercado existente. A cobrança de taxas relativa à emissão de carbono pela esfera privada visa à correção dos impactos gerados à sociedade, poluentes

emitidos na atmosfera que comprometem a qualidade do ar, os quais não estão incorporados nas decisões dos agentes econômicos.

Com uma ideia distinta à apresentada por Pigou, em 1960, Ronald Coase realiza em sua obra, *The Problem of Social Cost*, um estudo detalhado sobre a atividade econômica relacionada aos custos de transação e aos direitos de propriedade. A abordagem do autor trata o problema das externalidades em sua natureza recíproca, isto é, evitar o prejuízo a terceiros implica em causar prejuízo à firma operante (COASE, 1960).

Segundo Coase, a origem das externalidade é dada devido à indefinição dos direitos de propriedade e não pela existência das falhas de mercado, como considerou Pigou. Com isso, a proposta de Pigou, traçada a partir da participação do Estado e implantação de taxas, de acordo com Coase, não corresponde a um método adequado para solucionar as externalidades. Para atingir o máximo do valor de produção não é necessária a presença de um agente econômico interventor para intermediar as transações. A livre negociação entre as partes trata-se do caminho para alcançar resultados mais eficientes (COASE, 1960).

A análise feita por Coase implica que os direitos de propriedade devem ser totalmente definidos e privados. A existência de custo de transação inibe a realização de trocas por parte dos agentes econômicos, por isso, o custo deve ser nulo. As transações devem ocorrer em condições de livre mercado, sem a interferência de agente econômico, onde as partes, entre si, sejam incentivadas a desenvolver contratos que reduzam os efeitos externos. Diante de tal disposição, os direitos de propriedades são realocados de forma a aumentar o valor da produção(COASE,1960).

Considerando o caso dos pneus inservíveis no Brasil, então, pode-se apontar o mercado de crédito desenvolvido pela BVRio, como um mecanismo de mercado pautado na proposta de Coase. Sua criação está relacionada com responsabilidades ambientais e foi fundamentada visando gerar mais eficiência na gestão das externalidades geradas pelos agentes econômicos, assim como, maior liquidez aos ativos negociados (BVRio, 2015).

Direcionado ao setor de pneus, foi criado o Mercado de Crédito de Destinação Adequada do Pneu (CDAs-PN). Sua operação viabiliza transações empresariais de ativos sem o envolvimento de custos relacionados ao comércio e à indústria, as negociações são realizadas em uma plataforma eletrônica. Com isso, acredita-se que a internalização dos

resíduos provenientes dos pneus inservíveis seja facilitada, e assim, aumente o cumprimento das leis através do sistema de mercado (BVRio, 2015).

I.2.1 Mercado de Crédito de pneus

As leis e resoluções que atuam em defesa do patrimônio ambiental do país determinam práticas e regras para os cidadãos, esfera pública e privada a fim de garantir a preservação do meio ambiente.

Em apoio à questão ambiental do país, em 2011 foi fundada a Bolsa de Valores Ambientais BVRio – Bolsa Verde do Rio de Janeiro, a qual atua em parceria com o setor público e privado. O objetivo fundamental dos instrumentos por ela oferecidos trata-se da geração de facilidades e alternativas para que as leis relacionadas ao meio ambiente sejam cumpridas, em âmbito nacional (BVRio, 2015).

A BVRio desenvolve e fornece ferramentas para operar o mercado de ativos ambientais. Os ativos ambientais são “*títulos representativos de direitos de natureza ambiental*” (BVRio, 2015) subdivididos em duas categorias: cotas ou créditos. As cotas representam um limite referente às práticas de atividades que geram danos ao meio ambiente, já os créditos são documentos que certificam uma atividade voluntária e geradora de efeitos positivos ao meio ambiente. Os créditos e as cotas são oferecidos para empresas que apresentam menor custo ao desempenhar práticas ambientais. As negociações do mercado de ativos são realizadas em uma plataforma eletrônica BVTrade. No ano de 2012, a plataforma desenvolvida de acordo com os critérios técnicos determinados pela BVRio, deu início às suas operações. (BVRio, 2015).

No Brasil, disponibilizado pela BVRio, há a possibilidade de negociação de Ativos Ambientais em quatro diferentes divisões de mercados. Mercados Florestais, Mercados de Carbono, Mercados de Efluentes e Mercados de Logística Reversa de Resíduos, onde são transacionados os Créditos de Destinação Adequada de Pneus (CDAs-PN) (BVRio, 2015).

O Mercado de Crédito de Destinação Adequada do Pneu (CDAs-PN) foi desenvolvido para auxiliar no cumprimento da Resolução CONAMA 416/09 e lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Os importadores e produtores são responsabilizados por destinarem adequadamente os pneus inservíveis. O destino dos mesmos deve ser dado por empresas que

possuam licença para realizar dada atividade e sejam devidamente capacitadas (BVRio, 2015).

O Mercado de crédito do setor de pneus é composto por um sistema de registro dos Pontos de Coleta dos pneus inservíveis, além do Sistema de Gestão do Ciclo Produtivo dos destinadores. O Sistema de Gestão trata-se de um instrumento oferecido pela BVRio para receber cadastrados e informações das empresas referente às suas atividades de destinação do pneu. Os dados coletados são mantidos em sigilo, no entanto, podem ser auditados pela BVRio. De acordo com os dados fornecidos, o Sistema de Gestão oferece Créditos de Destinação Adequada (CDAs) à empresa. As empresas ao cumprirem as obrigações estabelecidas pela lei recebem os CDAs-PN e podem negociá-los na plataforma eletrônica (BVRio, Relatório de Atividades 2011-2013).

Para garantir ao destinador que sua ação de compra ou venda seja reconhecida pelo governo, todo CDAs-PN gerado é registrado no Cadastro Técnico Federal (CTF) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Além disso, há o Sistema Integrado de Gerenciamento de Pneus e Pontos de Coleta (SIG-PN), um mecanismo que possibilita o acompanhamento da trajetória e destino final dos pneus (BVRio, Relatório de Atividades 2011-2013).

De acordo com a BVRio, ao direcionar os resíduos sólidos de forma ambientalmente adequada, são gerados custos ao comércio e à atividade industrial o que dificulta, muitas das vezes, o cumprimento das leis. A proposta da criação do Mercado de ativos ambientais busca aumentar a eficiência na internalização de tais responsabilidades exigidas através do sistema de mercado. De acordo com o Relatório de Atividades 2011-2013, *“A BVRio acredita que a logística reversa e a destinação adequada de resíduos sólidos podem ser implementadas de forma eficiente por meio de mecanismos de mercado.”* (BVRIO, 2013, s/n).

1.2.2 Indústria do Pneu no Brasil

Com a criação do Plano Geral de Viação Nacional de 1934, deu-se início à produção de pneu no Brasil (SINPEC, 2011). Originado no governo de Getúlio Vargas, o plano constituiu a primeira proposta voltada para os transportes do país, aprovada oficialmente (MT, 2015). A efetivação do plano, contudo, só ocorreu em 1936 ao ser implantada a Companhia

Brasileira de Artefatos de Borracha, a qual produziu mais de 20 mil pneus no primeiro ano de funcionamento (ANIP, 2013).

Entre os anos 1938 e 1941, produtoras internacionais de pneus e câmaras de ar, deram início a suas atividades no Brasil, elevando a produção nacional do produto (SINPEC, 2011). No governo de JK, em 1957, ocorreu a instalação da indústria de automóvel no país, a qual estimulou a evolução do setor rodoviário nacional (MT, 2015). Ao final da década de 80, a produção do país ultrapassava 25 milhões unidades de pneus (SINPEC, 2011).

Com isso, a partir dos dados apresentado na TABELA 2, pode-se observar a evolução da produção de pneus, em milhares de unidades, de acordo com a categoria, no Brasil no período entre 2006 e 2014 (ANIP, 2015):

TABELA 2: PRODUÇÃO NACIONAL DE PNEUS

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
CARGA	6.947,4	7.319,3	7.367,1	6.033,6	7.735,3	7.448,8	7.138,0	8.231,3	7.894,4
CAMIONETA	5.894,0	6.058,4	5.841,9	5.599,8	7.940,8	8.470,6	8.267,8	9.904,5	8.860,7
PASSEIO	28.948,7	28.791,4	29.585,9	27.489,3	33.812,8	32.568,2	30.406,4	32.554,3	33.266,7
MOTO	11.438,8	13.725,5	15.249,3	13.158,1	15.205,6	16.078,5	14.519,5	15.041,6	15.642,6
AGRÍCOLA	559,3	698,2	776,0	593,3	781,4	793,8	807,2	928,5	873,9
OTR*	129,3	131,9	127,2	86,7	136,0	109,7	107,8	103,3	118,4
INDUSTRIAL	498,5	462,1	716,4	1.083,3	1.633,2	1.396,9	1.360,3	2.072,8	2.069,8
AVIÃO	51,0	60,9	47,6	41,8	60,0	60,1	54,0	52,6	50,5
TOTAL	54.467,0	57.247,7	59.711,4	54.085,9	67.305,1	66.926,6	62.661,0	68.888,9	68.777,0

* Segmento OTR (*Off The Road*); Valores em milhares de unidades

Fonte: Adaptado de ANIP em números, 2015.

Atualmente, de acordo com estudos realizados pela ANIP, o país dispõe do total de 20 fábricas distribuídas entre os estados do Amazonas, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia e Rio Grande do Sul. Em relação à geração de emprego do setor, a indústria de pneus do Brasil, em 2014, foi capaz de gerar 29,5 mil empregos diretos e 120 mil indiretos no país. A Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), entidade que opera em consonância com o setor, conta com 11 empresas associadas: Titan, Tortuga, Michelin, Pirelli, Rinaldi, Goodyear, Levorin, Maggion, Bridgestone, Dunlop e Continental (ANIP, 2015).

Os pneus transacionados no território nacional, a fim de garantir qualidade e segurança aos consumidores, são submetidos a um controle de qualidade realizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). A Portaria nº05, de 14 de janeiro de 2000, define as normas de fiscalização e determina conformidades, as quais os pneus novos comercializados, resultantes da atividade da indústria nacional e importados, devem apresentar (Inmetro, 2012).

I.3 Riscos Potenciais e Danos Efetivos

A combinação do alto desenvolvimento tecnológico dos últimos tempos, a produção em escala, a redução do tempo de vida útil dos produtos e os hábitos de consumo que ultrapassam a necessidade humana, trata-se de um alerta para a preservação do meio ambiente. A grande quantidade de produtos em circulação, os quais logo serão substituídos por itens mais atuais ou porque apresentarão defeitos, com o propósito de satisfazer os consumidores, configura-se no aumento do volume de materiais descartados (LAGARINHOS, 2011).

Produtos como os pneus, quando depositados em locais inapropriados e ambientalmente incorretos podem ser nocivos ao meio ambiente e à sociedade. Com isso, o tratamento e a destinação final do material, após seu consumo, tratam-se de inconvenientes enfrentados pelo mundo inteiro. Conforme a Diretora do Departamento de Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente, Zilda Veloso, o tempo de decomposição dos pneus no meio ambiente é indeterminado e o descarte final dos pneus inservíveis representa um problema mundial por não solucionar os danos e riscos que causam ao meio ambiente e à saúde humana (VELOSO, s/a).

A quantidade de veículos existentes em um país está associada à geração de pneus usados. No Brasil, de acordo com relatórios mensais divulgados pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), a frota nacional registrada em agosto de 2015, totaliza 89.400.061 veículos com placas de diversos tipos. No mesmo período do ano de 2014 e 2013, a quantidade de veículos registrada no território nacional foi de 84.892.511 e 79.735.990, respectivamente (DENATRAN, 2015). Nota-se um crescente aumento de veículos em circulação no país, juntamente com esse crescimento, há a preocupação do destino dado aos pneus usados.

Locais que funcionam como depósitos de pneus e não possuem monitoramento, estão vulneráveis às queimadas e incêndios propositais, e assim, podem contribuir para a poluição do ar e expor a saúde humana à substâncias tóxicas como o Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de enxofre (SOx) e Óxidos de Nitrogênio (NOx) (LAGARINHOS, 2011). Os elementos químicos liberados também podem provocar contaminação de solos e águas. Segundo Veloso, os pneus ao passarem pelo processo de combustão produzem cinzas e uma substância líquida constituída de hidrocarbonetos mais pesados, os quais permanecem na área do incêndio comprometendo a qualidade da água do lençol freático (VELOSO, s/a).

Conforme Blumenthal, *“não é recomendada a disposição de pneus inservíveis em aterros sanitários devido a sua forma e composição, dificuldade de compactação, decomposição e redução da vida útil do aterro.”* (BLUMENTHAL, 1993 apud LAGARINHOS; 2011 pág. 24). Ao longo do tempo, os pneus por apresentarem uma cavidade oca, quando enterrados, podem reter gases em seu interior e emergir até a superfície do aterro. O material, então, passa a ficar exposto e possibilita que águas da chuva infiltrem no terreno aumentando a produção de chorume (BLUMENTHAL, 1993 apud LAGARINHOS; 2011 pág. 24).

Os pneus quando abandonados em córregos ou rios, contribuem para ocorrência de enchentes e alagamentos os quais, muitas das vezes, são responsáveis por desabrigar inúmeras famílias, todos os anos, no Brasil. Em virtude de sua estrutura, os pneus estão passíveis de acumular água, e assim, participam do ciclo de transmissão de determinadas doenças. Ao serem depositados em áreas descobertas, como os lixões, os objetos funcionam como criadouros de mosquitos. O *Aedes Aegypti*, por exemplo, trata-se de um vetor responsável pela transmissão da dengue, febre amarela, além de outras doenças (LAGARINHOS, 2011).

A existência e disseminação de tais doenças estão relacionadas com as condições favoráveis para manutenção e reprodução dos mosquitos. A dengue é uma doença viral que provoca febre, náuseas, vômitos e tem alto poder de disseminação. A doença constitui um grande desafio para a saúde pública do Brasil desde o século XIX, onde há relatos de epidemias na época. Em 2013 foram registrados em torno de 2 milhões de casos da doença, considerado o maior surto da doença no país (SVS, 2015). A febre amarela, com menor ocorrência no país, trata-se de uma doença infecciosa caracterizada por causar febres agudas no paciente. No Brasil no período entre 1999 e 2013, 405 registros da doença foram contabilizados (SVS, 2015).

Considerando o aumento da conscientização da sociedade em relação à proteção ao meio ambiente e ao bem estar social, segundo Nohara, as atividades econômicas as quais geram produtos que causam impactos socioambientais negativos, são alvo de medidas regulatórias em esfera nacional e internacional (NOHARA et. al., 2005). Com o intuito de reduzir os riscos potenciais e efetivos oferecidos pelo descarte inapropriado dos pneus inservíveis, leis específicas, determinando normas e diretrizes foram estabelecidas em diferentes partes do mundo.

No Brasil, no ano de 1999, foi aprovada a primeira lei nacional orientada para o descarte final dos pneus inservíveis. A Resolução nº 258/99 do CONAMA estabelece regras operacionais e o direcionamento ambientalmente adequado para o destino final do material. Em 2010, foi aprovada a Lei 12.305 a qual estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A lei visa a regulação do descarte dos resíduos sólidos a fim de minimizar os danos causados pelo descarte inadequado dos materiais no país, inclusive, dos pneus.

CAPÍTULO II: LEGISLAÇÃO E GERENCIAMENTO

II.1 Legislação no Brasil

II.1.1 Resoluções CONAMA

Devido ao grande volume de produção e ao alto número de pneus descartados no meio ambiente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão do Ministério do Meio Ambiente, ocupou-se em organizar atividades voltadas à reciclagem de pneus no país.

Em 1999, foi aprovada a Resolução nº 258/99 do CONAMA, a primeira lei voltada, especificamente, para a regularização do destino dos pneus no Brasil. Em 2002, foram realizadas alterações em busca de uma melhor aplicabilidade das normas e a Resolução nº 301/2002 passa, então, a vigorar.

Em 2009, após um processo de revisão, a Resolução nº 301/2002 foi revogada e instaurou-se a Resolução nº 416/09. A resolução possui como objetivo organizar e direcionar o tratamento adequado e seguro dos pneus inservíveis no território nacional. De acordo com o art. 2º, inciso V da resolução, o pneu inservível é definido como pneu usado que possui lesões irreversíveis em sua estrutura, ou seja, não é passível de restauração e reuso. Com isso, a nova resolução não classifica a restauração de pneus como uma destinação adequada, como disposto no art. 3º (BRASIL, 2009).

Com isso, foi determinada obrigatória a responsabilidade, dos produtores e importadores de pneus, de todo o ciclo de vida dos produtos gerados, incluindo a etapa do pós-consumo. As empresas devem cumprir as metas determinadas, organizar o sistema de coleta e prover a destinação adequada para os pneus inservíveis. Conforme o art. 1º, os agentes participativos do ciclo de vida do pneu como comerciantes, distribuidores, poder público e consumidores também devem atuar como corresponsáveis no gerenciamento do sistema de coleta dos pneus usados (BRASIL, 2009).

Os pontos de coleta, segundo o art. 8º, parágrafo 1º devem ser instalados no período de um ano a partir da aprovação da resolução, no mínimo um local de recolhimento em todos os Municípios que apresentam população superior a 100 mil habitantes (BRASIL, 2009).

A meta a ser cumprida é estabelecida a partir da relação “1x1” conforme o artigo 3º, para cada um novo pneu no mercado, importadores e fabricantes são responsáveis por encaminhar um pneu inservível para o tratamento e destino adequado. Para fins de inspeção e gestão, no entanto, a quantidade de pneus novos fabricado no país ou importado é transformada em peso. A quantidade final de pneus inservíveis a ser destinado trata-se do peso dos pneus, novos ou importados, calculado aplicando-se o fator de desgaste de 30% (trinta por cento). A meta de reciclagem de pneus inservíveis, determinada pela lei, é calculada pela aplicação da seguinte fórmula (BRASIL, 2009):

$$MR = [(P + I) - (E + EO) * 0,7]$$

MR: Meta de Reciclagem ou Mercado de Reposição de pneus;

P: Total de pneus produzidos;

I: Total de pneus importados;

E: Total de pneus exportados;

EO: Total de pneus que equipam veículos novos;

0,7: Fator de desgaste.

Para que as metas de reciclagem sejam atendidas, fabricantes e importadores devem elaborar planos de gestão de coleta, sistemas seguro de armazenamento e fornecer o destino correto, livre de riscos ambientais e sociais, para os pneus inservíveis. Vale ressaltar a disposição do art. 14º, sobre as condições dos pneus aptos a serem destinados. Pneus usados que possuam potencial de reforma e recuperação, não fazem parte dessa cadeia e são excluídos da destinação adequada até que se tornem, de fato, inservíveis (BRASIL, 2009).

Com isso, o art. 5º, estabelece que os destinadores devem declarar, no período máximo de um ano, o cumprimento, ou não, das metas junto ao CTF (Cadastro Técnico Federal) do IBAMA. Em caso da empresa não alcançar a meta determinada, não implica em sanções corretivas, porém, as obrigações são cumulativas como indica o parágrafo 4º do artigo. A meta ao ser alcançada e gerando excedente, segundo o parágrafo 3º, o mesmo pode ser utilizado em períodos seguintes (BRASIL, 2009). A empresa que procede com sucesso em

suas metas pode participar do Mercado de Crédito de Destinação Adequada do Pneu (CDAs-PN) oferecido pela BVRio, como elucidado na seção 2.1 do capítulo I.

Em março de 2010, foi instituída a Instrução Normativa nº 001/10. Sua finalidade trata-se de regular certas práticas essenciais para que a Resolução nº 416/09 seja atendida. (BRASIL, 2010) Aspectos técnicos relacionados à periodicidade, cadastros e comprovantes da destinação final dos pneus, são especificados e devem ser seguidos pelos fabricantes e importadores.

De acordo com a nova Instrução, art. 11º, a declaração das empresas referente às atividades de reciclagem, deve ser trimestral durante o primeiro ano de sua vigência (BRASIL, 2010). No Relatório de Comprovação de Destinação de Pneus Inservíveis do CTF, como descrito do art. 6º, devem ser apresentadas informações como a quantidade de pneus inservíveis destinados, a empresa responsável pela destinação, o destino final, a quantidade de pneus inservíveis armazenados, dentre outros dados (BRASIL, 2010). Procedimentos referentes ao cálculo são, também, devidamente detalhados, a fim de existir um controle mais efetivo das ações empresariais.

II.1.2 ABNT: Definição de Resíduos Sólidos e a Classificação dos Pneus

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é responsável por conceder normas técnicas para o Brasil. Foi constituída em 28 de setembro de 1940 e, desde então, é reconhecida e ratificada pelo governo federal como o Foro Nacional de Normalização (ABNT, 2014).

De acordo com a norma, NBR 10.004 da ABNT de 2004, são classificados como resíduos sólidos:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, pág.7).

A classificação dos resíduos sólidos é importante para que sejam elaborados planos de gestão adequados as peculiaridades presentes em cada resíduo. O tratamento dado ao resíduo, como, por exemplo, o tipo de transporte e as condições de armazenamento ocorrem de acordo com sua classificação. Os resíduos sólidos são especificados conforme suas possíveis ações nocivas à sociedade e ao meio ambiente, assim como, pela substância que o originou (ABNT NBR 10004:2004).

Sendo os pneus constituídos, em sua maioria, por borracha, aço, poliéster dentre outros elementos químicos que participam do processo produtivo, oferecem riscos ambientais e sanitários ao receber tratamento indevido. De acordo com o estudo realizado por Bertollo, Fernandes e Schalch (2002), o resíduo de pneus descartado no meio ambiente é classificado como resíduo classe II – A (não inertes), conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004) o extrato solubilizado com amostras de borracha, apresentou taxas de metais, manganês e zinco, maiores que os padrões determinados pelas norma (BERTOLLO; FERNANDES; SCHALCH, 2002).

II.1.3 PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos

Em agosto de 2010, foi aprovada a Lei 12.305 que institui Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS visa à redução dos danos ambientais e sociais gerados pelo descarte dos resíduos sólidos. A nova legislação estabelece metas, medidas e diretrizes direcionadas aos agentes participantes do ciclo de vida dos produtos. Um dos focos da política trata-se de fornecer aos resíduos sólidos um destino adequado, onde os impactos ao meio ambiente e à vida humana sejam reduzidos ao mínimo possível.

Os resíduos sólidos são definidos pela lei, art. 3º, inciso XVI, como:

[...] Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Como destinação adequada, conforme o art. 3º, inciso VII, compreendem atividades como a reciclagem, recuperação, utilização como fonte energética, dentre outras atividades baseadas na classificação do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente). Todas essas práticas contribuem para que as externalidades originadas do descarte de resíduos sólidos sejam reduzidas e propiciem um aumento do bem-estar social (BRASIL, 2010).

A lei propõe o Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos, para os agentes geradores de resíduos sólidos de acordo com determinadas especificações. Os agentes dispõem de instrumentos como a gestão integrada dos resíduos, coleta seletiva e sistema de logística reversa.

A gestão integrada, segundo a definição apresentada no art. 3º, inciso X, apresenta viés sustentável e inclui todas as práticas relacionadas à solução do passivo ambiental em questão. Atividades na esfera ambiental, social, cultural, econômico e político operam em consonância a fim de reduzir impactos gerados pelos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A conscientização dos cidadãos e do setor industrial trata-se de um fator essencial para o êxito do direcionamento final apropriado dos produtos. A primeira etapa de todo o processo, consiste na separação prévia dos resíduos sólidos de acordo com suas composições químicas, efetuadas pela sociedade como um todo. Com os resíduos sólidos devidamente distinguidos é possível que o sistema de coleta seletiva, abordado no art. 3º, inciso V, seja acionado e dê continuidade às etapas subsequentes da destinação. Sendo assim, como estabelecido no art. 25º da lei, a responsabilidade do destino ambientalmente correto desses resíduos é compartilhada, isto é, os consumidores, fabricantes e importadores, distribuidores, assim como, o Poder Público colaboram e participam do pós-consumo dos produtos (BRASIL, 2010).

De acordo o art. 3º, inciso XII da lei, a logística reversa é definida como um mecanismo de desenvolvimento socioeconômico, o qual abrange ações voltadas para a coleta medidas para reintrodução dos resíduos sólidos em atividades empresarias. Seu propósito trata-se da inserção dos resíduos sólidos em um ciclo produtivo, da empresa produtora ou mesmo outra, incentivando práticas de reciclagem e reuso dos materiais e ações alternativas que proporcionem destinos finais ambientalmente próprios (BRASIL, 2010).

A participação do Poder Público, segundo o art. 42º, ocorre através de iniciativas para a criação de sistemas de coleta seletiva e logística reversa, formulação de planos Municipais

de destinação adequada dos resíduos e regulação e fornecimento de infraestrutura necessária às atividades vinculadas aos catadores de materiais (BRASIL, 2010).

A fim de assegurar o descarte correto dos resíduos, produtores, importadores, distribuidores e comerciantes devem adotar todas as providências necessárias para garantir o retorno de seus produtos. Os agentes pertencentes à rede de comércio de produtos como agrotóxicos, lâmpadas fluorescentes, produtos eletrônicos, pilhas e baterias, óleo lubrificantes, assim como os pneus, devem estar em conformidade com o art. 33º da lei, e são obrigados a implantar o sistema de logística reversa e descartar os resíduos de forma segura (BRASIL, 2010).

II.1.4 Legislações e os Pneus Inservíveis

No que diz respeito aos pneus inservíveis, responsabilidade pós-consumo e seu destino final, as legislações nacionais vigentes operam em harmonia, haja vista suas regulações, diretrizes e práticas.

A Resolução nº 258 de 1999, que deu origem à Resolução nº 416 de 2009, regularizou, desde então, procedimentos e ações relacionadas à cadeia de pós-consumo dos produtos no setor de pneumático do país. A obrigação de atender suas exigências é voltada para os produtores e importadores dos pneus, que atuam em parceria com todos os agentes envolvidos no ciclo de vida do produto, a fim de prevenir a degradação ambiental gerada pelos pneus inservíveis.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em 2010, trata de resíduos sólidos, inclusive pneus inservíveis, como um passivo de todos agentes econômicos envolvidos no ciclo de vida do produto. A lei destaca importantes conceitos como a gestão integrada dos resíduos, responsabilidade compartilhada e logística reversa, como possíveis ferramentas a serem utilizadas para diminuir os malefícios causados pelo descarte ambientalmente incorreto dos resíduos.

II.2 Logística Reversa

II.2.1 Conceitos: Logística e Logística Reversa

II.2.1.1 Logística

A escolha dos consumidores é decidida baseada, dentre outros fatores, na rapidez de acesso aos produtos. Com isso, as empresas devem desenvolver sistemas de distribuição, cada vez mais ágeis e eficazes, a fim de atender efetivamente as necessidades dos clientes. De acordo com Martins e Laugeni, a logística empresarial “*constitui um conjunto de técnicas de gestão da distribuição e transporte dos produtos finais, do transporte e manuseio interno às instalações e do transporte das matérias-primas necessárias ao processo produtivo.*” (MARTINS; LAUGENI, 2005, pág.5).

Segundo *Council of Logistics Management* (CLM), a definição de logística corresponde:

[...] ao processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, e do custo efetivo relacionado ao fluxo de armazenagem de matéria-prima, material em processo e produto acabado, bem como do fluxo de informações do ponto de origem ao ponto de consumo com o objetivo de atender às exigências do cliente (CLM apud MARTINS; LAUGENI, 2005. pág.179).

A logística trata-se de um mecanismo de gestão fundamental para as empresas. Em virtude dos crescentes volumes transacionados e a necessidade de ter determinado produto na hora exata, a agilidade das empresas relacionada à distribuição física dos produtos deve atender as diversidades dos consumidores e assegurar sua posição no mercado. Ballou, em *Logística Empresarial*, delimita o objetivo da logística empresarial e a finalidade de oferecer ao cliente o grau de serviço almejado:

A meta de nível de serviço logístico é providenciar bens ou serviços corretos, no lugar certo, no tempo exato e na condição desejada ao menor custo possível. Isto é conseguido através da administração adequada das atividades-chave da logística-transporte, manutenção de estoques, processamento de pedido e de várias atividades de apoio adicionais (BALLOU, 1993, pág. 36).

Ao reconhecer o termo “logística” como responsável pela gestão de fluxo de matérias do seu local de origem até o local de contato com o consumidor intermediário ou final, pode-se pensar no caminho contrário. O canal reverso do fluxo é um processo em evolução e será abordado com mais detalhes na seção a seguir.

II.2.1.2 Logística Reversa

Considerando o desenvolvimento industrial, o crescimento populacional, o aumento dos hábitos consumistas e a redução do ciclo de vida dos produtos, o volume de mercadorias transacionadas tende a apresentar números cada vez maiores. O descarte de todo esse volume de produtos em lugares não apropriados representa riscos à saúde humana e compromete o meio ambiente que o circunda.

Até a década de 90, o conceito de logística reversa estava restrito à ideia do trajeto inverso percorrido pelos produtos na cadeia de suprimentos. A partir de então, com o aumento da conscientização e preocupação da sociedade em relação à saúde pública e o meio ambiente, novas abordagens do conceito foram estabelecidas. A significativa preocupação implicou no surgimento de ações regulatórias e fiscalizatórias de órgãos públicos, com a finalidade de minimizar os riscos proporcionados pelos resíduos gerados. As empresas produtoras e distribuidoras começaram a enxergar a logística reversa, também, como provedora de benefícios econômicos ao gerar diminuição de perdas (CHAVES; BATALHA, 2006).

Ballou (1993), já apresentava preocupação relacionada ao meio ambiente e ao descarte de resíduos. O autor atenta para aumento da produção de resíduos sólidos associado ao aumento da população e do setor industrial. Os indicativos da ausência de um sistema de retorno efetivo e a pouca atenção dedicada aos canais reversos dos produtos, demonstrava o descaso referente à reciclagem e reutilização dos materiais, assim como, aos possíveis danos ecológicos. O pouco desenvolvimento e a ineficácia dos sistemas de retorno dos produtos implicavam em altos custos para o envolvimento das empresas em processos de reutilização dos materiais. (BALLOU, 1993, pág. 384)

Diante do contexto da relevante existência dos passivos ambientais gerados pela indústria e a possibilidade de revalorização dos resíduos, através da reinserção do material no mercado, foi estabelecida a logística reversa.

Os autores Rogers e Tibben-Lembke, utilizam a definição de logística do *Council of Logistics Management*, no entanto, destacam que as atividades ocorrem no sentido oposto. Com isso, definem o processo de logística reversa como:

O processo de gerenciamento, execução, controle, custo efetivo do fluxo de matéria-prima, estoque, produtos finais e informação do local de consumo ao local de origem do produto. Seu objetivo trata-se de realizar a recaptura de valor do produto ou efetuar o descarte apropriado para o resíduo através da transferência do destino final ao ponto de origem (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998, pág. 2).

Os motivos que levam as empresas a incorporar a logística reversa em suas atividades administrativas e estratégicas são diversos. Rogers e Tibben-Lembke apresentaram uma lista de diferentes razões para a utilização da logística reversa como uma estratégia empresarial, baseada em sua pesquisa sobre atividades nos Estados Unidos (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998, pág. 18):

- Competitiva: aplicação da logística reversa em função de um fator concorrencial, a política de retorno de produtos, estabelecida para satisfazer os consumidores.
- Renovação de estoque: utilizados para limpar estoques dos clientes, de modo que os mesmos clientes possam comprar novos produtos. Empresas automobilísticas, por exemplo, possuem um sistema de retorno de peças que podem ser reparados e oferece ao consumidor um crédito para uma nova compra.
- Questão Legal: trata da questão de proteção ao meio ambiente e o descarte adequado dos produtos. As empresas utilizam a logística reversa com o objetivo de atender a lei e minimizar os problemas gerados pelos resíduos.
- Recuperação de Valor e Ativos: empresas incluíram a logística reversa como estratégia de recuperação de valor de ativos. As empresas constataram que parte do lucro proveniente do programa de recuperação de ativos era derivado de produtos que estavam abandonados.
- Proteção da Margem de Lucro: atividades da logística reversa associadas à proteção da margem de lucro. A estratégia da empresa é pautada em programas de gestão da

eliminação de estoque dos clientes e da própria empresa. A proposta visa maximizar os estoques mais recentes, os quais possuem melhores preços e garantem o lucro.

De acordo com Brito e Dekker, com uma visão mais geral, as empresas buscam práticas relacionadas à logística reversa devido a razões: (BRITO E DEKKER, 2003, pág. 6-8):

- Econômica (direta ou indireta): os ganhos podem ser diretos, proveniente de recuperação de valor de produtos, entrada de matérias e redução do custo de produção, também apontado pelos autores Rogers e Tibben-Lembke (1998). Os ganhos indiretos estão relacionados à construção de uma boa imagem da empresa, preocupada com o meio ambiente, proteção de mercado, prevenção em relação às leis e melhora na relação com clientes e fornecedores. Os autores apresentam como exemplo produtores de pneus, os quais oferecem serviços de recauchutagem para reduzir o custo do cliente.
- Legislação: refere-se à lei, vigente em determinados países, que autorizam os compradores a retornar suas mercadorias, assim como, à normas relacionadas à proteção ambiental.
- Cidadania Corporativa: diz respeito a um conjunto de valores e princípios, associados a questões ambientais e sociais. A empresa incorpora tais valores como responsabilidades operacionais e utiliza-se da logística reversa para praticá-las.

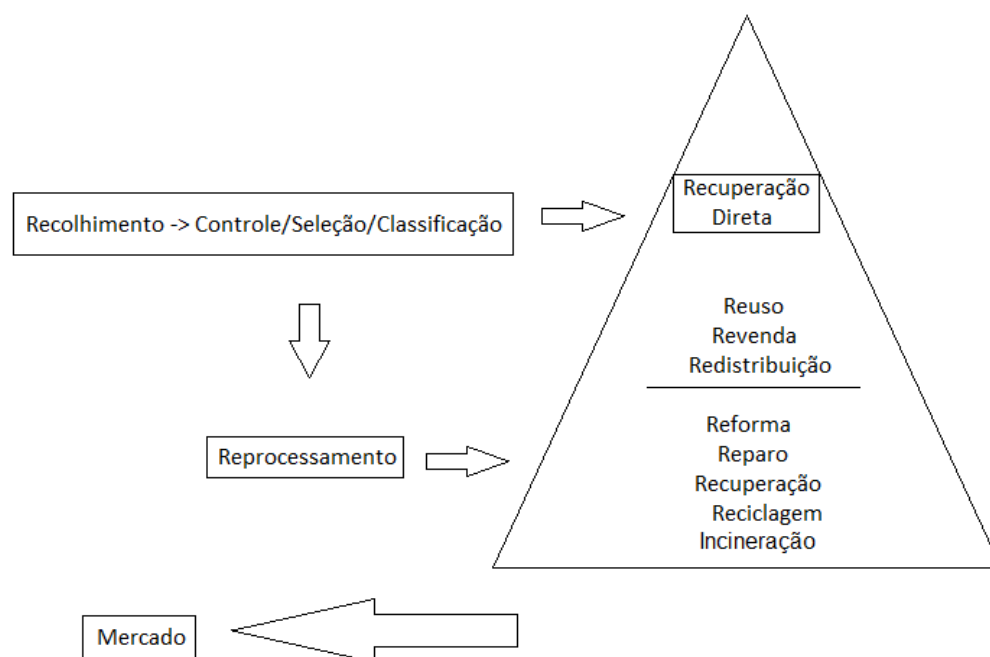
Com isso, a utilização da logística reversa possui como objetivo básico o gerenciamento e a organização de produtos que, em dado momento, são considerados inutilizáveis ou destinados ao descarte. As atividades envolvidas permitem que seja possível a incorporação de valor ecológico, econômico e legal, a partir do retorno dos materiais ao ciclo produtivo e ao setor empresarial. Para Brito e Dekker, a *“Logística Reversa concentra-se nas correntes onde há algum valor a ser recuperado e o resultado entra em uma (nova) cadeia de abastecimento”* (BRITO; DEKKER, 2003, pág. 3).

O funcionamento da logística reversa é dado, segundo Lagarinhos, em três áreas de atuação: No pós-venda do produto, onde são realizadas recuperação, consertos, restauração e

substituição de materiais; No período de pós-consumo do produto onde o material é direcionado para reuso, reciclagem e valorização energética dos materiais; Na etapa de destinação final do produto, ou seja, no término de sua vida útil (LAGARINHOS, 2010, pág. 51).

O processo da logística reversa de recuperação do produto, em uma visão geral delineada por Brito e Dekker, ocorre em várias etapas. O primeiro passo trata-se do recolhimento dos produtos, em seguida, há a seleção, controle e classificação dos materiais. O próximo passo corresponde à recuperação, a qual pode ocorrer diretamente ou através de um reprocessamento. Por fim, há a redistribuição dos produtos recuperados. A FIGURA 2 ilustra todas as etapas presentes no processo (BRITO; DEKKER, 2003, pág.11).

FIGURA 2: ETAPAS DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DO PRODUTO ATRAVÉS DA LOGÍSTICA REVERSA



Fonte: Adaptado de BRITO; DEKKER, 2003.

Sendo assim, o processo de logística reversa atua como um mecanismo estratégico que, além de proteger o meio ambiente e contribuir para o aumento do bem-estar social, pode reduzir custo e perdas, estabelecer vantagens competitivas, como também, agregar valor à empresa através de uma boa imagem, ao ser ecologicamente responsável.

Para Lagarinhos, a logística reversa é considerada um dos estágios mais importantes dentro da cadeia de reciclagem dos produtos e torna todo o processo viável no âmbito econômico. A logística reversa proporciona a continuidade de todo o ciclo através das etapas de reuso, reciclagem e utilização dos materiais como fonte alternativa energética. Segundo o autor, um dos problemas enfrentados, no caso dos pneus do Brasil, trata-se da dificuldade no acesso dos materiais. Muitas das vezes os pneus são descartados em locais praticamente inacessíveis e torna a etapa de recolhimento custosa e inviabiliza a logística reversa do produto (LAGARINHOS, 2013, pág. 51).

II.3 Modelo de Gestão Nacional

No Brasil, em 1960, foi criada a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) a qual reúne os produtores de pneus e câmara de ar do país. A ANIP representa empresas e fábricas instaladas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Amazonas, Bahia, Rio grande do Sul e Paraná. O propósito de sua atuação é dado em prol dos interesses do setor, em esfera nacional e no mundo (ANIP, 2013).

Em 1999, a partir da instauração da base jurídica nacional, referente ao tratamento adequado dos pneus inservíveis, a ANIP ficou encarregada pela logística reversa do produto, o que inclui o sistema de coleta, transporte e destinação adequada. Ao longo dos anos, com a ampliação das atividades nas regiões do país e para aprimorar a efetividade do Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis, em 2007, foi criada a Reciclanip (ANIP, 2013).

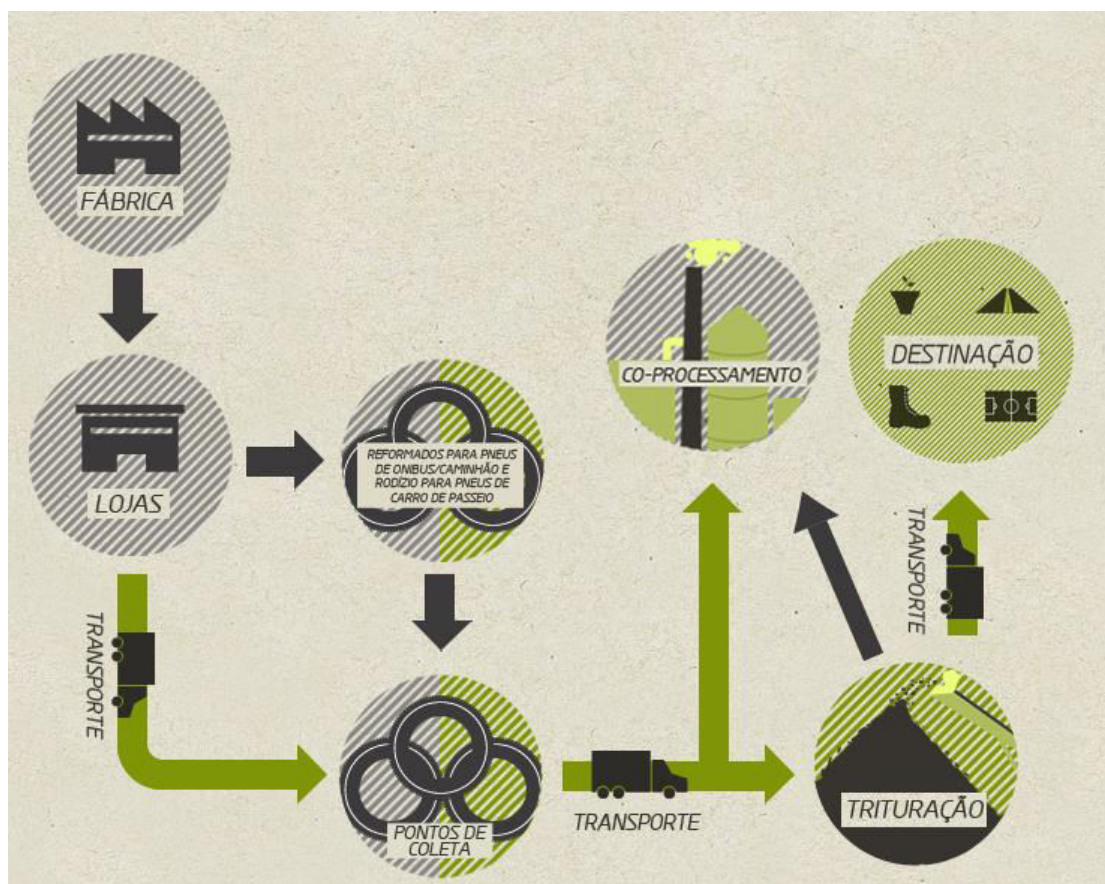
A criação da Reciclanip foi uma iniciativa dos produtores de pneus Bridgestone, Goodyear, Michelin e Pirelli. A Continental e Dunlop associaram-se em anos posteriores. A Reciclanip é uma entidade sem fins lucrativos e voltada, unicamente, para a gestão e desenvolvimento de práticas relacionadas ao Programa Nacional de Coleta e Destinação dos Pneus Inservíveis (RECICLANIP, 2015).

A proposta de instituir a Reciclanip foi inspirada no sistema de gestão existente em empresas da Europa. A grande experiência das empresas na área de gerenciamento dos pneus inservíveis, como a Aliapur atuante na França, Signus na Espanha e ValorPneu em Portugal, tornou-se referência para a implantação de seus moldes no Brasil. O dispêndio necessário para

efetuar todas as atividades operacionais relacionadas ao tratamento adequado dos pneus inservíveis, no país, é arcado pelo os produtores de pneus (RECICLANIP, 2015).

O gerenciamento realizado pela entidade começa pela logística de transporte, a partir do recolhimento dos pneus inservíveis deixados nos pontos de coleta. As Prefeituras Municipais são encarregadas de conceder locais de recepção dos pneus inservíveis, os quais são levados através de serviços públicos, ou mesmo, por borracheiros e consumidores. Os Pontos de Coleta devem ser locais cobertos, para evitar o acúmulo de água das chuvas, e atender as exigências de higiene e segurança. O material, então coletado, é direcionado para empresas de trituração, quando necessário, e encaminhado para empresas habilitadas e devidamente licenciadas a destinarem adequadamente os pneus. A partir da FIGURA 3, é possível observar o caminho percorrido pelos pneus descartados no sistema de gestão nacional do ciclo de vida dos pneus inservíveis (RECICLANIP, 2015).

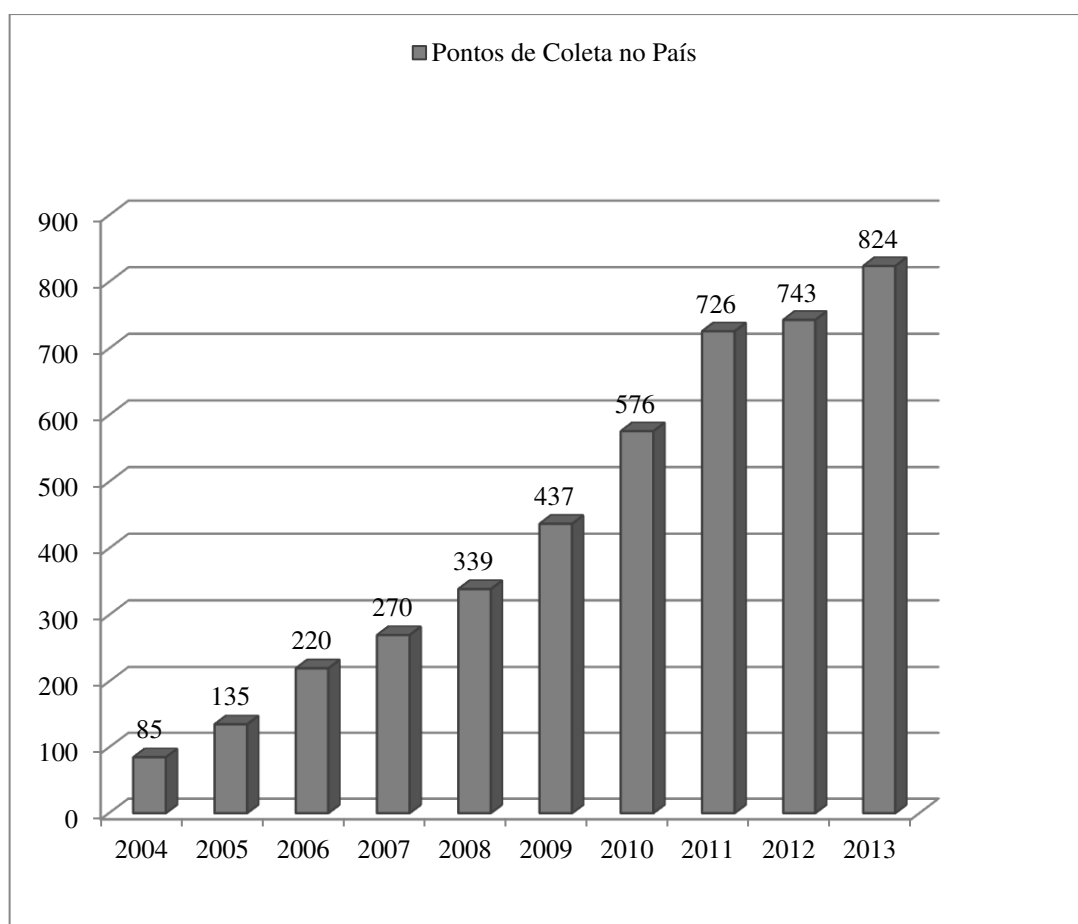
FIGURA 3: ETAPAS DA GESTÃO DO CICLO DE VIDA DOS PNEUS INSERVÍVEIS NO BRASIL



Fonte: RECICLANIP, 2015.

O número de Pontos de Coleta no território nacional, de acordo com dados divulgados pela Reciclanip, tem apresentado um aumento expressivo ano após ano. Em 2004, existiam apenas 85 locais de recolhimento de pneus distribuídos pelo país. Em 2013, mais de 800 pontos de coleta foram contabilizados (RECICLANIP, 2015). A participação das Prefeituras Municipais trata-se de um elemento fundamental na etapa inicial do processo, permitindo a continuidade de toda a cadeia que envolve a gestão dos pneus inservíveis. O GRÁFICO 1, representa a evolução do número de pontos de coleta existentes no Brasil.

GRÁFICO 1: EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PONTOS DE COLETA NO PAÍS,
PERÍODO DE 2004 A 2013



Fonte: adaptado de RECICLANIP, 2015.

No ano de 2013, o número de cadastros dos locais de recolhimento dos pneus inservíveis em todo o país totalizava 1571. Desse total, 46,79% está localizado na região Sudeste e apenas 3,44% na região Norte, como mostra a TABELA 3.

TABELA 3: DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DOS PNEUS INSERVÍVEIS REGISTRADOS, POR REGIÕES E ESTADOS, EM 2013

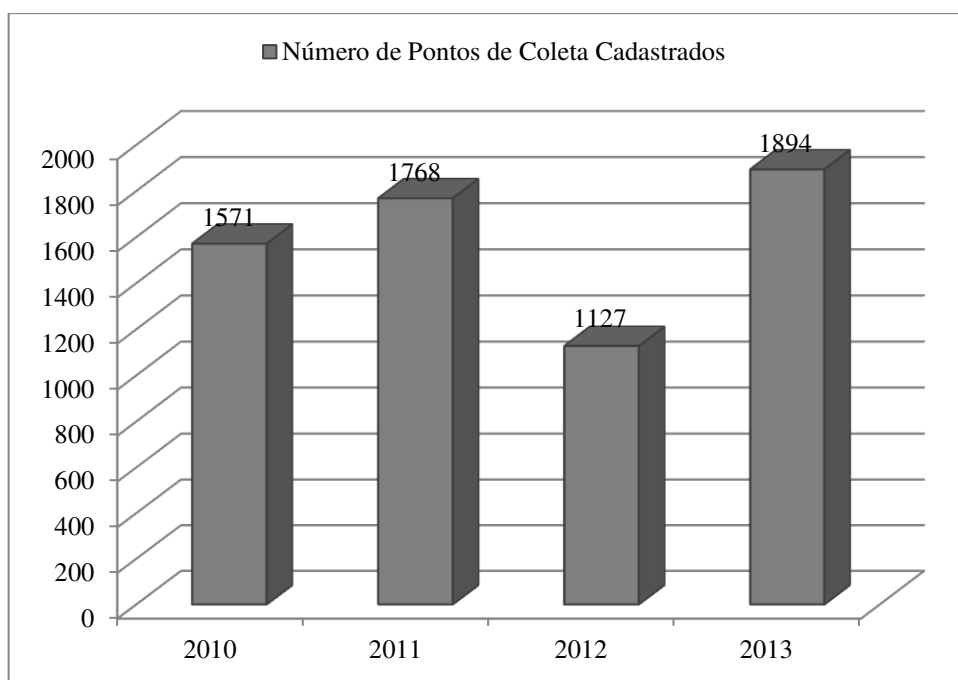
Região	Estado	Quantidade	%
Norte	Acre	1	0,06
	Amazonas	6	0,38
	Amapá	1	0,06
	Pará	22	1,40
	Rondônia	10	0,64
	Roraima	3	0,19
	Tocantins	11	0,70
	Total	54	3,44
Nordeste	Alagoas	8	0,51
	Bahia	61	3,88
	Ceará	29	1,85
	Maranhão	20	1,27
	Paraíba	14	0,89
	Piauí	11	0,70
	Pernambuco	56	3,56
	Sergipe	4	0,25
	Rio Grande do Norte	14	0,89
	Total	217	13,81
Centro-Oeste	Brasília	13	0,83
	Goiás	50	3,18
	Mato Grosso do Sul	32	2,04
	Mato Grosso	74	4,71
	Total	169	10,76
Sudeste	Espírito Santo	34	2,16
	Minas Gerais	228	14,51
	Rio de Janeiro	79	5,03
	São Paulo	394	25,08
	Total	735	46,79
Sul	Santa Catarina	71	4,52
	Rio Grande do Sul	140	8,91
	Paraná	185	11,78
	Total	396	25,21
Total		1571	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do RELATÓRIO DE PNEUMÁTICOS 2014 – (CTF IBAMA).

Uma das atualizações da Resolução nº 416/09, foi determinar a instalação de, no mínimo, um ponto de coleta, no período de um ano a partir de sua publicação, em municípios com a população superior a 100 mil habitantes, conforme o art.8º,§1º. Com isso, de acordo

com o Relatório de Pneumáticos divulgado pelo IBAMA, em 2013, 62,95% dos pontos de coleta cadastrados no CTF, Cadastro Técnico Federal, correspondiam à municípios com população superior a 100 mil habitantes (IBAMA, 2014). A quantidade de locais de recolhimento de pneus inservíveis cadastrados apresentou significativo crescimento, desde 2009, como mostra o GRÁFICO 2.

GRÁFICO 2: NÚMERO DE PONTOS DE COLETA DE PNEUS INSERVÍVEIS
CADASTRADOS, DISTRIBUÍDOS PELO PAÍS



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do RELATÓRIO DE PNEUMÁTICOS 2011, 2012, 2013, 2014 – (CTF/IBAMA).

O compromisso com o pós-consumo dos pneus assumido pela Reciclanip, é considerado um grande programa de reciclagem criado no país. No período entre o ano de 1999, quando se iniciou o Programa Nacional de Coleta e Destinação dos Pneus Inservíveis, até o fim de 2014, foram recolhidos e destinados corretamente mais de 3 milhões de toneladas de pneus inservíveis (RECICLANIP, 2015).

Segundo a Reciclanip, a entidade foi responsável por remover e fornecer o tratamento adequado para mais de 114,5 mil toneladas de pneus inservíveis no primeiro trimestre de 2015. Tal valor evidencia um total de acréscimo de 10% de unidades, referente ao mesmo período do ano anterior, o qual registou o destino apropriado de 109 mil toneladas (RECICLANIP, 2015).

II. 4 Europa

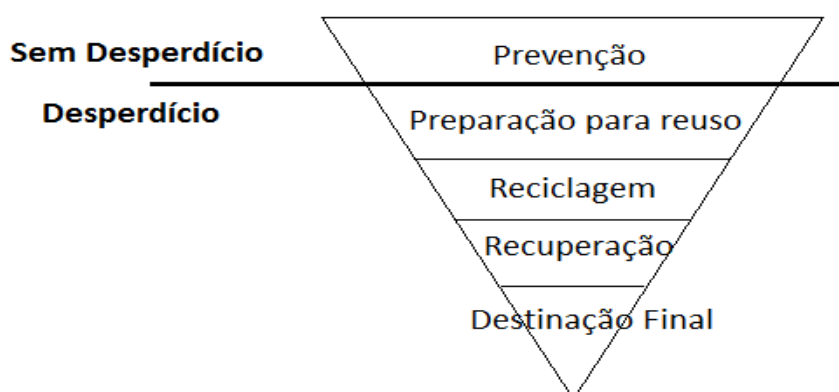
II.4.1 Legislação na Europa

Na União Europeia existe diversas lei que influenciam o tratamento do pneu após seu consumo. Dentre elas, com o objetivo de restringir o depósito de resíduos em aterros sanitários, existe a Diretiva Europeia 1999/31/EC, aprovada no dia 26 de abril de 1999. O descarte dos resíduos, quando destinado aos aterros sanitários, deve ser direcionado para locais que atendam às especificações dadas pela diretiva. A partir da aprovação dessa diretiva, em 2003, o depósito de pneus usados e inteiros em aterros sanitários foi banido. No ano de 2006, houve a proibição, também, do descarte de pneus usados e fragmentados em aterros sanitários. Os Estados Membros da União Europeia são responsabilizados pelo tratamento ambientalmente adequado dos pneus usados através de soluções eficientes e ecológicas (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

No ano de 2000, foi aprovada a Diretiva 2000/53/EC, referente ao fim da vida dos veículos. Seu objetivo consiste em orientar a desmontagem e a reciclagem dos veículos e seus componentes, em uma direção mais ecológica. A Diretiva delimita metas de reutilização, recuperação e reciclagem do material (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Em novembro de 2008, foi determinada a Diretiva Europeia 2008/98/EC a qual propõe uma gestão mais segura e apurada dos resíduos. O ciclo de vida útil dos pneus e de outros produtos é examinado, com base em critérios definidos pela diretiva, e devem ser distinguidos entre resíduos, matéria prima ou fonte alternativa de energia. A Diretiva apresenta uma gestão hierarquizada referente aos resíduos sólidos: prevenção, reutilização, reciclagem, recuperação e descarte, a qual é ilustrada na FIGURA 4:

FIGURA 4: ILUSTRAÇÃO DA HIERARQUIA DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA UNIÃO EUROPEIA



Fonte: Adaptado de *European Commission*, 2015.

II.4.2 Modelo de Gestão na Europa

ETRMA

Fundada em 1959, a *European Tyre and Rubber Manufacturers' Association*, ETRMA, trata-se de uma entidade a qual associa os produtores e empresas relacionadas ao setor de pneus e borrachas da União Europeia (ETRMA, 2011), assim como a ANIP representa a associação dos produtores de pneus no Brasil.

A associação europeia, desde sua criação, apresentou constante aumento em relação à adesão de membros de toda a União Europeia. Atualmente, a ETRMA possui como empresas de pneus associadas a Michelin, Goodyear, Continental, Pirelli, dentre outras. A participação de associações nacionais de países como Alemanha, Itália, França, Bélgica, Espanha, Holanda e Finlândia, além de outros integrantes afiliados, constituem os membros corporativos da associação (ETRMA, 2011).

O compromisso assumido pelas atividades realizadas pela ETRMA trata-se da intermediação dos produtores de pneus e borrachas e das instituições europeias em determinados âmbitos como de representação, coordenação, comunicação e articulação técnica. Atuando como uma interlocutora, a associação busca como objetivo principal, a

defesa e representação dos interesses referentes aos produtores do setor, tanto em nível europeu como em nível mundial (ETRMA, 2011).

A ETRMA está comprometida em representar e informar as decisões e ações comuns do setor de pneus, pertinentes a áreas econômicas e de transporte, como também relacionadas à proteção do meio ambiente e autoridades competentes (ETRMA, 2011).

Os pneus quando retirados dos veículos podem apresentar duas classificações: pneus reutilizáveis, passíveis de reformas, os quais podem reassumir seu propósito e forma original ou pneus não reutilizáveis em sua forma original, os quais são destinados ao sistema de ELT - *End of life tyres* (ETRMA, 2011).

O sistema de ELT, desta forma, consiste no modo de gerenciamento responsável por fornecer uma solução econômica e ecológica para a eliminação de pneus inservíveis em sua fase pós-consumo, na Europa. Os pneus são encaminhados para um sistema de gestão de resíduos o qual utiliza o material, por exemplo, em processos de reciclagem ou utilização do mesmo como fonte alternativa de energia. Os diferentes países que representam os Estados Membros possuem uma administração nacional correspondente, baseadas no sistema ELT de gestão responsáveis pelo destino final dos pneus (ETRMA, 2011).

Os Estados Membros da União Europeia devem estar em conformidade com a legislação vigente e cumprir as exigências da legislação referente às diretivas, no entanto, possuem a liberdade de definir os planos de gestão nacionais que usarão para cumprir suas responsabilidades (ETRMA, 2011). A aprovação das diretivas estimulou o desenvolvimento de políticas de gestão do destino de pneus na União Europeia. Como os Estados Membros possuem autonomia para decidir seu plano de gestão ELT, atualmente, existem três tipos de sistemas de gestão de pneus usados: Sistema de responsabilidade do Produtor, Sistema de Taxas e Sistema de Mercado Livre (END OF LIFE TYRES, 2011).

a) Sistema de Responsabilidade do Produtor:

As empresas produtoras e importadoras de pneus são responsáveis por instituir domínios de coleta e organização do destino dos pneus usados. O processo é financiado através de uma taxa ambiental incluída no preço de pneus novos, a qual independe do local de coleta (END OF LIFE TYRES, 2011).

O sistema levou à criação de empresas, sem fins lucrativos, financiadas pelos produtores de pneus. A motivação é dada através da busca por soluções mais econômicas para a gestão do final da vida útil dos pneus. Tais empresas são capazes de desenvolver novas tecnologias e práticas mais eficientes através de P&D (ETRMA, 2011).

Uma das referências de entidade responsável pela gestão dos pneus usados na Europa, utilizadas para a criação da Reciclanip, trata-se a SIGNUS (Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados), ativa na Espanha. Fundada em 2005, trata-se de uma organização sem fins lucrativos, concebida através de iniciativa dos fabricantes de pneus. Seu objetivo consiste em proporcionar um mecanismo pelo qual todos os fabricantes e importadores possam atender as obrigações determinadas pelas leis. Sendo assim, a SIGNUS visa garantir o tratamento adequado dos pneus usados do país, até o momento que deixam de ser resíduos e tornam-se um material com valor, o qual pode ser reintroduzido em processo produtivo, através do desenvolvimento de novas aplicações e novos mercados (SIGNUS, 2015).

b) Sistema de Taxas:

O Estado Membro é responsável pelo destino final dos pneus usados. O financiamento do processo é dado por uma taxa cobrada na produção do pneu, a qual é repassada para os consumidores. Trata-se de um sistema intermediário onde os produtores pagam taxas para o Estado, que organiza e remunera os operadores da cadeia de destinação dos pneus (END OF LIFE TYRES, 2011).

c) Sistema de Mercado Livre:

A legislação determina os objetivos que devem ser atingidos, porém, não define quais serão os agentes responsáveis. Nesse sistema, todos os agentes que participam da cadeia de destinação operam em condição de mercado livre, e atuam em conformidade com a legislação (END OF LIFE TYRES, 2011).

A FIGURA 5, a seguir, permite a identificação do tipo de sistema de gestão, o qual visa atender as responsabilidades ambientais referentes aos pneus usados, utilizado por diferentes países da Europa:

FIGURA 5: SISTEMAS DE GESTÃO UTILIZADOS NOS PAÍSES DA EUROPA



* A partir de 2012 o sistema de gestão da Hungria foi modificado. A HUREC não é mais encarregada pelo cumprimento das normas, os fabricantes assumem as responsabilidades enquanto produtores ELT.

Fonte: Adaptado de VALOR PNEU, 2015.

CAPÍTULO III: DESTINAÇÃO FINAL DOS PNEUS

A Reciclanip é a entidade responsável pela gestão do processo, desde a coleta dos pneus inservíveis até sua destinação final no território brasileiro. Sua participação no sistema de coleta é dada a partir do transporte dos pneus inservíveis, dos pontos de coleta até a destinação final dos mesmos. Os pneus, dependendo do seu destino final, podem passar por processos de trituração, para enfim, serem encaminhados para empresas licenciadas que irão reaproveitar ou reciclar o material (RECICLANIP, 2015).

No Brasil, a fim de reduzir os impactos negativos que o descarte inadequado dos pneus inservíveis pode causar, o material possui diversas formas de reutilização, a mais praticada, consiste no uso dos pneus como fonte de energia alternativa em usinas cimenteiras. A utilização do material descartado também ocorre na produção de solas de sapatos, tapetes de veículos automotivos e borrachas para vedação, assim como, podem ser empregados em pisos de fábricas e quadras esportivas. O desenvolvimento de novas técnicas para reutilização dos resíduos dos pneus tem sido estudado. Pesquisas recentes, por exemplo, buscam a inclusão dos pneus inservíveis na produção de manta asfáltica e asfalto-borracha, tal prática tem sido verificada e aprovada pelo setor de pneus (RECICLANIP, 2015).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 416/2009, art. 15º, o descarte de pneus em áreas como terrenos baldios, em córregos e rios, regiões alagadiças, aterros sanitários é proibido, assim como, a queima do material em locais desprovidos de cobertura. Com isso, o termo “destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis” é definido e descrito, no art. 2º, inciso VI, como:

Procedimentos técnicos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial, e que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outra(s) técnica(s) admitida(s) pelos órgãos ambientais competentes, observando a legislação vigente e normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2009).

Logo, segundo o art. 14º da Resolução, pneus usados que apresentam condições de serem reformados e recuperados, não inservíveis, são proibidos de receberem uma destinação final. A lei vigente não atua, não regulamenta e não dispõe de normas voltadas para processos que envolvam restauração de pneus usados como a recapagem e recauchutagem.

III.1 Sistemas de Destinação Final dos pneus no Brasil

A composição do pneu apresenta, além das fibras sintéticas e de borracha natural, diversas substâncias químicas as quais garantem sua forma, desempenho, resistência e estabilidade. Com isso, as propriedades específicas do pneu colaboram para o desenvolvimento de técnicas as quais possibilitam o reaproveitamento do material para distintas finalidades (ETRMA, 2011).

A seguir serão abordados possíveis tratamentos oferecidos aos pneus inservíveis a partir da reciclagem, reaproveitamento do material originado dos pneus, assim como, da valorização energética do produto, utilização do material como fonte alternativa de energia. As atividades tecnológicas apresentadas fazem parte dos destinos ambientalmente adequados presentes no Relatório de Pneumáticos 2014, regulados e aprovados pelo IBAMA (IBAMA, 2014):

- Co-processamento
- Laminação
- Industrialização do Xisto
- Regeneração da Borracha
- Pirólise

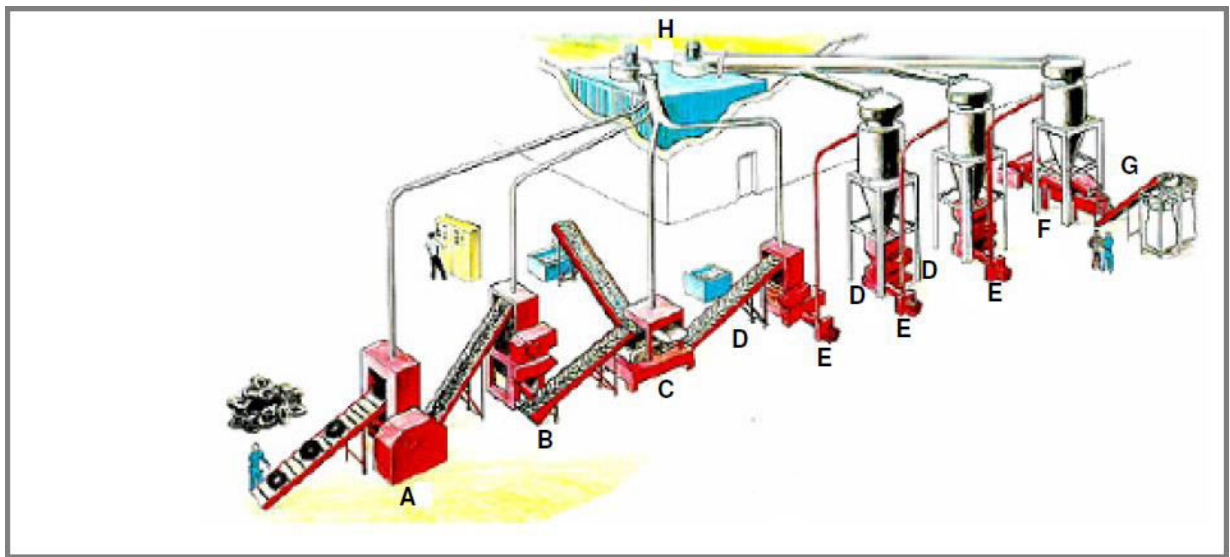
III.1.1 Reciclagem

A reciclagem é conceituada por Jouliana Nohara, como *“um procedimento que trata de transformar os resíduos em matéria-prima, gerando economias no processo industrial, ou seja, consiste no reaproveitamento dos resíduos.”* (NOHARA et. al., 2005, pág.: 38).

O processo de reciclagem dos pneus inservíveis envolve diferentes etapas: organização da coleta do material, sistema de transporte, procedimentos prévios de trituração e segmentação dos elementos que constituem o pneu. Os resíduos gerados, a partir de então, tornam-se potenciais matérias primas as quais estão preparadas para serem reinseridas no mercado (NOHARA et. al., 2005).

A transformação dos pneus em fragmentos reduzidos, através dos processos de trituração e fragmentação, trata-se de uma etapa prévia para a execução das atividades que envolvem a reciclagem do material. A trituração dos pneus possui dois métodos mais utilizados, são eles: com resfriamento criogênico ou à temperatura ambiente. O processo mais aplicado no Brasil trata-se da trituração à temperatura ambiente (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008). A FIGURA 6, a seguir, ilustra o pré-tratamento ao qual os pneus são submetidos:

FIGURA 6: PROCESSO DE TRITURAÇÃO E GRANULAÇÃO DOS PNEUS A TEMPERATURA AMBIENTE



Legenda:

A: Triturador Primário

B: Granulador

C: Remoção de aços e fibras têxteis

D: Etapas consecutivas de trituradores

E: Sistema pneumático de transporte

F: Esteira vibratória

G: Separação magnética Secundária

H: Remoção de fibras e partículas

Fonte: REISCHNER apud LAGARINHOS, 2011.

O primeiro passo do processo constitui na trituração dos pneus inservíveis em lascas de 50 mm (A). O passo seguinte é a entrada do material triturado no granulador, onde serão reduzidos a pedaços de 10 mm e os componentes do pneu, tais como nylon, aço e borracha, desagregam-se em sua maioria (B). Em seguida, ao passar por uma esteira magnética, o aço é retirado. A esteira com vibração juntamente com a presença de parafusos é encarregada de remover as fibras têxteis (REISCHNER apud LAGARINHOS, 2011).

O tamanho do fragmento desejado da borracha está relacionado com o custo do processo de trituração. Quanto menor o tamanho do material demandado, maior será a despesa com o processo envolvido, podendo representar barreiras à evolução de determinados mercados potenciais. A borracha granulada pode ser usada para distintas finalidades, como por exemplo, na cobertura de quadras esportivas ou produção de tapetes de automóveis (NOHARA et. al., 2005).

III.1.1.1 Desvulcanização

O processo industrial de desvulcanização, ou regeneração de borracha, abrange dois passos diferentes: diminuição do tamanho dos pneus e ruptura das ligações químicas das substâncias que o compõem. Existem distintas formas utilizadas com tecnologias e custos diferentes, com a finalidade de desfazer as ligações químicas existentes. A técnica de regeneração da borracha utilizada no Brasil corresponde ao processo de desvulcanização química (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008), a qual, no ano de 2011 e 2013, foi responsável por destinar corretamente 130,62 e 17,47 toneladas de pneus inservíveis, respectivamente (IBAMA, 2012; 2014).

A desvulcanização é descrita por Lagarinhos, como uma atividade técnica *“onde os pneus depois de triturados, são submetidos à temperatura, pressão, recebem oxigênio e vapor de produtos químicos, como álcalis e óleos minerais, dentro de uma autoclave rotativa.”* (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008, pág.:114).

Os pneus descartados, para participarem do processo, devem ser cortados em lascas, as quais passarão por moinhos, transformando-se em pó de borracha. Em seguida, o resíduo é peneirado, separado e encaminhado para cilindros magnéticos (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008). A regeneração da borracha ocorre a partir da degeneração do material, o qual é exposto à processos alcalinos, recebe oxigênio e é aquecido em elevadas temperaturas, possibilitando a quebra das pontes químicas. O produto originado, a partir de todas as etapas, consiste em um material de borracha modificado, o qual não apresenta exatamente as mesmas características da borracha original, no entanto, está apto a receber novas finalidades (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008; NOHARA et. al., 2005).

A “nova” borracha produzida pode ser utilizada em distintos artigos como: tapetes automotivos, protetores, solas de sapato, saltos de botas, câmaras de ar, tiras para produção de estofados e móveis. A aplicação do material regenerado em áreas de lazer e quadras de esporte também constitui uma possível opção de uso da borracha (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008; NOHARA et. al., 2005).

III.1.1.2 Laminação dos Pneus

De acordo com a descrição de Lagarinhos, *“o processo de laminação consiste em diversas operações de cortes efetuadas em pneus inservíveis, para extrair lâminas e trechos de contornos definidos.”* (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

Os pneus convencionais e diagonais são utilizados no processo de laminação por não apresentam elementos de aço em sua composição, e assim, simplificam a execução da reciclagem. Certas empresas de laminação operam com pneus de composição distinta, no entanto, não são muito utilizados no processo em virtude da adversidade ligada à execução do corte e ao descarte do material. Com isso, empresas que operam no setor apresentam sistema de coleta dos pneus inservíveis com determinada especificação, a fim de tornar o procedimento mais eficiente (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

A reciclagem dos pneus inservíveis resultante do processo de laminação de pneus consiste em uma operação que não necessita de altos custos para sua realização. A laminação, sendo efetuada com devido cuidado e preocupação com o descarte dos resíduos, não envolve danos ambientais (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

Os pneus laminados apresentam diversas aplicações como, por exemplo, na indústria de calçados e estofados, fabricação de rodos, utilizadas como tiras para sofá e móveis, tubos para contenção de erosão, dentre outras utilidades (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008). A partir da TABELA 4, é possível observar a quantidade de pneus destinada, no Brasil, através do processo de laminação. Desde outubro de 2009, o processo utilizou mais de 250.000,00 toneladas de pneus inservíveis em suas atividades.

TABELA 4: QUANTIDADE, EM TONELADAS, DE PNEUS INSERVÍVEIS
ENCAMINHADOS PARA O PROCESSO DE LAMINAÇÃO NO BRASIL

	Out/2009 a Dez/2010	2011	2012	2013
LAMINAÇÃO	91.714,70	59.197,88	61.115,93	43.839,44

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do RELATÓRIO DE PNEUMÁTICOS 2011, 2012, 2013, 2014 – (CTF IBAMA).

III.1.2 Valorização Energética

III.1.2.1 Co-processamento

Os pneus são objetos que apresentam elevado poder de geração de energia, por tal razão, são utilizados como substitutos alternativos de combustíveis originados de fontes não renováveis. De acordo com Nohara, além de usufruir do potencial térmico do material, o co-processamento dos pneus inservíveis permite que haja destruição dos resíduos. (NOHARA et.al., 2005).

A prática do co-processamento em fornos clínquer, elemento fundamental na composição do cimento, trata-se de uma técnica de transformação dos pneus onde o material é submetido a elevadas temperaturas. O uso dos pneus inservíveis na produção do cimento, além de ser utilizado como fonte de energia ao processo, reduzindo o uso de combustíveis fósseis, integra o aço presente nos pneus ao clínquer (NOHARA et.al. 2005; LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

O processo, ao expor os pneus à combustão, produz substâncias tóxicas significativas em seu produto, as quais tem capacidade de dispersão na atmosfera. Com isso, devido à existência da prática e a nocividade da emissão de gases ao meio ambiente e à saúde da sociedade, no Brasil, a Resolução CONAMA nº 264, de 26 de agosto de 1999, determina regras para execução da atividade. A Resolução monitora a atividade e determina limites de emissão dos poluentes na atmosfera. De acordo com o art. 5º da Resolução, “*O co-processamento de resíduos em fornos de produção de clínquer deverá ser feito de modo a garantir a manutenção da qualidade ambiental, evitar danos e riscos à saúde e atender aos padrões de emissão fixados [...]*” (BRASIL, 1999).

De acordo com dados coletados pelo CTF do IBAMA, apresentados na TABELA 6, é possível observar que, em média, mais da metade dos pneus destinados adequadamente, é encaminhado para a atividade co-processamento no país.

III.1.2.2 Industrialização de Xisto

Em 2001, a PETROBRAS foi responsável por desenvolver, implantar e patentear o processo de co-processamento dos pneus descartados juntamente a rocha de xisto. O Brasil possui um dos maiores volumes de xisto no mundo, o minério pode ser encontrado na formação de Irati, uma reserva localizada nos estados de Goiás, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul. A iniciativa de realizar a reciclagem dos pneus na Unidade de Negócio de Industrialização do Xisto (SIX) faz parte do programa desenvolvido há mais de 30 anos na unidade, localizada na cidade de São Mateus do Sul (PR), onde concentra a atividade (LAGARINHOS, 2011; NOHARA et.al., 2005; PETROBRAS, 2009).

Conforme descrito por Lagarinhos, *“o xisto betuminoso é uma rocha sedimentar que contém querogênio, um complexo orgânico que se decompõe termicamente e produz óleo e gás”* (LAGARINHOS, 2011, pág.: 94). A Unidade de Negócio de Industrialização do Xisto (SIX), há anos explora o minério e realiza seu processamento. A criação da tecnologia conhecida como Petrosix, apresenta uma capacidade de 5.880 t/d (PETROBRAS, 2015) e permite a inclusão dos pneus descartados junto ao xisto no processo, a uma relação de 5% de pneus em relação ao volume total da carga. Os materiais, ao serem expostos a altas temperaturas, geram como produto gases, óleos utilizados como combustíveis e enxofre (PETROBRAS, 2009).

Durante o processo, os pneus são cortados em pedaços de 10 a 12 cm (LAGARINHOS, 2011) encaminhados à SIX e misturados ao xisto. O composto é aquecido em uma temperatura, em torno de 500°C, o que induz a liberação de óleo e gases do mineral. O xisto e a borracha passam por diversos processos que envolvem resfriamento e limpeza, obtendo-se óleo pesado e óleo leve, respectivamente. Os elementos de aços liberados dos pneus são encaminhados para reciclagem no setor siderúrgico. O produto remanescente é levado para uma unidade distinta, a qual, além de recuperar o enxofre, utilizado na indústria

de celulose, indústria de borracha e agricultura, dentre outras, produz gás combustível e gás liquefeito (GLP), empregados na indústria de cerâmica (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

Segundo Nohara, o subproduto restante da mistura de pneus e xisto proveniente de todo o processo é destinado às cavas da mina, com intuito de recuperar as áreas de exploração do mineral. Os resíduos são depositados e cobertos com uma camada de solo vegetal e argila, possibilitando que haja regeneração do solo explorado pela atividade (NOHARA et.al., 2005).

A técnica desenvolvida pela Petrobras foi responsável por reciclar um número superior a 11 milhões de pneus usados descartados no período entre os anos 2001, início das atividades, e 2009, evitando os possíveis danos que o descarte inadequado de pneus pode gerar (PETROBRÁS, 2009). A TABELA 5 mostra a quantidade de pneus inservíveis descartados no país, em toneladas, os quais foram submetidos ao processo de industrialização de xisto no período que corresponde a outubro de 2009 a 2013:

TABELA 5: QUANTIDADE DE PNEUS INSERVÍVEIS, EM TONELADAS, UTILIZADOS NO PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DE XISTO NO BRASIL

	Out/2009 a Dez/2010	2011	2012	2013
INDUSTRIALIZAÇÃO DO XISTO	7.549,51	8.334,18	9.810,00	14.700,00

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do RELATÓRIO DE PNEUMÁTICOS 2011, 2012, 2013, 2014 – (CTF IBAMA).

III.1.2.3 Pirólise

A pirólise é definida por Lagarinhos, como *“a decomposição térmica de materiais orgânicos na ausência de ar, com a utilização de nitrogênio, argônio ou no processo a vácuo, por exemplo.”* (LAGARINHOS, 2011).

Os pneus para participarem do processo, devem estar triturados em pequenos pedaços, com tamanho em torno de 50 mm. O material é encaminhado para um forno, reator pirolítico, o qual opera em elevadas temperaturas e possibilita a dissociação dos componentes do pneu: aço, carbono, óleo e carbono. Os resíduos sólidos passam por um sistema onde o carbono e o aço são separados. O carbono é submetido a uma separação magnética onde o restante do aço é removido. O produto, então gerado, é moído e qualificado como negro de fumo, utilizado

para fins comerciais. O fluxo de gás produzido pelo processo é direcionado para um sistema de condensação onde permite a separação do óleo e gás. O óleo é utilizado como combustível, podendo ser reaproveitado pela própria empresa ou vendido. O gás liberado possui duas destinações: através de um método que envolve combustão, limpeza e filtros, o gás retorna a atmosfera, ou o gás é submetido à compressão, purificado e encaminhado para uma turbina, a fim de produzir energia elétrica (ANDRIETTA, 2003 apud NOHARA, 2005).

Na tese de Lagarinhos, o autor aponta diversas vantagens existentes na aplicação do processo de pirólise, referente aos danos ambientais e as possíveis utilizações comerciais dos produtos gerados:

Não são emitidas substâncias tóxicas e os produtos e subprodutos da decomposição térmica dos pneus têm utilização comercial. Além disso, ocorre redução do nível de emissão de poluentes gasosos, geração de produtos mais volatizados, produção de combustíveis de queima mais limpa e há alto potencial mercadológico para os produtos (CAPONERO; LEVENDIS; TENÓRIO, 2000; CAPONERO, 2002 apud LAGARINHOS, 2001, pág.: 92).

De acordo com o Relatório de Pneumáticos – 2014, a atividade de pirólise foi responsável por destinar 72,94 toneladas de pneus inservíveis no Brasil, no ano de 2013 (IBAMA, 2014).

III.1.3 Destinação Final no Brasil

Desde 2009, com aprovação da Resolução nº 416, mais de 1.968.248,02 toneladas de pneus foram retiradas do meio ambiente. As técnicas aplicadas e desenvolvidas no país são essenciais para que os danos oferecidos pelo descarte inadequado dos pneus sejam minimizados, ou até mesmo, erradicados. A TABELA 6, a seguir, apresenta a quantidade de pneus inservíveis e suas respectivas destinações, de acordo com as técnicas aplicadas e registradas no Brasil, correspondente aos seguintes períodos: Outubro de 2009 a Dezembro de 2010, 2011, 2012 e 2013:

TABELA 6: QUANTIDADE DE PNEUS INSERVÍVEIS, EM TONELADAS, UTILIZADOS EM CADA PROCESSO DE DESTINAÇÃO FINAL NO BRASIL

	Out/2009 a Dez/2010		2011	
Tipo de Destinação	Qtd Destinada *	%	Qtd Destinada *	%
CO-PROCESSAMENTO	294.956,94	53,14	256.481,24	55,46
RECICLAGEM	160.768,18	28,96	138.313,28	29,91
LAMINAÇÃO	91.714,70	16,52	59.197,88	12,80
INDUSTRIALIZAÇÃO DO XISTO	7.549,51	1,36	8.334,18	1,80
REGENERAÇÃO	118,28	0,02	130,62	0,03
TOTAL	555.107,61		462.457,20	
	2012		2013	
Tipo de Destinação	Qtd Destinada *	%	Qtd Destinada *	%
CO-PROCESSAMENTO	219.269,09	47,77	267.448,35	54,40
GRANULAÇÃO	168.499,14	36,71	165.574,82	33,68
LAMINAÇÃO	61.115,93	13,31	43.839,44	8,92
INDUSTRIALIZAÇÃO DO XISTO	9.810,00	2,14	14.700,00	2,99
PIRÓLISE	336,03	0,07	72,94	0,01
REGENERAÇÃO	0,00	0,00	17,47	0,00
TOTAL	459.030,19		491.653,02	

* em toneladas

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do RELATÓRIO DE PNEUMÁTICOS 2011, 2012, 2013, 2014 – (CTF IBAMA).

III.1.4 Pavimentação Asfáltica

No Brasil, em 1999, iniciaram-se as pesquisas e estudos relacionados ao asfalto-borracha. A base do desenvolvimento tecnológico consistia na combinação da borracha com o asfalto, a fim de favorecer a produção de um asfalto com propriedades superiores aos usualmente produzidos. Em 2001, foi realizada a primeira aplicação do asfalto-borracha no país, no Rio Grande do Sul (GRECA ASFALTOS, 2012).

O asfalto-borracha, ao apresentar borracha moída em sua composição apresenta características diferentes em relação ao asfalto comum. Trazendo um melhor desempenho, segundo a Petrobras, o “novo” asfalto apresenta as seguintes vantagens: elevada elasticidade, maior durabilidade, alta coesividade, além de apresentar bom custo/benefício e reduzir o número de pneus inservíveis abandonados no meio ambiente (PETROBRAS, 2015). Sua utilização contribui para o aumento da vida útil da pavimentação em 30% em relação ao asfalto usual, assim como, a espessura da cobertura utilizada no pavimento, pode ser reduzida em até metade do tamanho convencional (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

Desde o início das atividades, em 2001, até o ano de 2012, a empresa Greca Asfaltos removeu, em torno de, 5 milhões unidades de pneus descartados ao pavimentar mais de 5.000 km de estradas no território nacional. De acordo com a empresa, são necessários mil pneus inservíveis para a produção de um quilômetro pavimentado com o asfalto-borracha (GRECA ASFALTOS, 2012).

A atividade não consta como uma destinação adequada dos pneus nos relatórios pneumáticos elaborados pelo IBAMA, no entanto, no ano de 2009, foram criadas normas que determinam especificações para a fabricação do asfalto-borracha no país. A aprovação das normas DNIT 111/2009 e DNIT 112/2009 podem facilitar e estimular a atividade no Brasil.

Além disso, atualmente, existe um projeto de lei relativo ao asfalto-borracha sendo tramitado no Brasil. A proposta estabelece prioridade do uso de asfalto-borracha na pavimentação ou recuperação de ruas, no entanto, ainda se encontra em processos de análises e votação por diferentes instâncias governamentais. (CÂMARAS DOS DEPUTADOS, 2014).

III.2 Cumprimento de Metas no Brasil

Com a aprovação da Resolução nº 416 em 2009, cálculos referentes à quantidade de pneus que deve ser destinada por produtores e importadores foram estabelecidos. Sendo assim, empresas têm o compromisso anual de anunciar o destino adequado dos pneus viabilizados por suas iniciativas, junto ao CTF do IBAMA.

A TABELA 7 mostra o total de pneus inservíveis destinados por produtores e importadores nacionais, assim como, a meta de destinação determinados nos respectivos

períodos. Os valores, em toneladas, foram apurados partir de outubro de 2009, após aprovada a Resolução nº 416:

TABELA 7: CUMPRIMENTO DAS METAS DETERMINADAS PELA RESOLUÇÃO Nº 416/09

	Out/2009 a Dez/2010	2011	2012	2013
Meta de Destinação Nacional *	560.337, 64	545.810,67	479.429,60	535.267,80
Saldo de Destinação Nacional *	555.107,62	462.457,19	459.030,18	491.653,02
Percentual de Cumprimento da Meta (%)	99,07	84,73	95,75	91,85

***valores em toneladas**

Fonte: Adaptado de RELATÓRIO DE PNEUMÁTICOS 2011, 2012, 2013, 2014 – (CTF IBAMA).

III.3 Destinação final na Europa

Na Europa, de acordo com o relatório estatístico de 2014 da ETRMA – *European Tyre and Rubber Manufacturers' Association*, os diferentes destinos dados ao pneu nos diferentes países da Europa, são classificados em dois grupos: de recuperação de materiais, o qual inclui a reciclagem e a engenharia civil, e de valorização energética. São aplicadas outras finalidades aos pneus descartados, as quais não são registradas no Brasil, como por exemplo, a utilização do material em construção de estradas e ferrovias, obras públicas e em contenção de encostas (ETRMA, 2014).

A TABELA 8 apresenta os valores, em toneladas, baseados nas atividades praticadas pelas entidades de gerenciamento do final de vida útil dos pneus, em 2013, e mostra que a granulação é a destinação mais comum na França, Espanha e em Portugal. A Aliapur, representante da gestão dos pneus na França, destinou adequadamente 249.192 toneladas de pneus descartados sendo 164.837 utilizados como fonte alternativa de energia em fornos de cimento e usinas de aquecimento. A Signus, responsável pelo tratamento ambientalmente adequado na Espanha, gerenciou e destinou 144.540 toneladas de pneus usados. Em Portugal a entidade Valorpneu, foi responsável por gerir de forma apropriada 65.685 toneladas de pneus usados no país (ETRMA, 2014).

TABELA 8: ATIVIDADES QUE ENVOLVEM PNEUS USADOS, PRATICADAS NA EUROPA, EM 2013

		Aliapur	Signus	Valorpneu
Engenharia Civil	Obras públicas e Preenchimento de encostas*	5.441	115	318
Reciclagem	Granulação*	75.613	75.412	38.408
	Siderurgia e Fundição*	3.203	0	0
	Pirólise*	0	0	0
	Outras finalidades*	98	32	0
Valorização Energética	Co-processamento em forno de clínquer*	156.725	66.502	20.225
	Aquecimento Urbano e Usinas*	8.112	2.488	6.694
	Total	249.192	144.549	65.645

*valores em toneladas

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Relatório - ETRMA Statistics 2014.

CONCLUSÃO

O aumento do nível de produção e consumo dos últimos tempos fez com que a circulação de mercadorias se elevasse, assim como, o descarte inadequado de resíduos sólidos no meio ambiente. A prática de atividades não reguladas de destinação final de produtos e alta degradação ambiental fomentou a criação de leis a fim de ordenar e minimizar os prejuízos gerados à natureza e sociedade. Com isso, o presente trabalho examinou o caso dos pneus inservíveis e a gestão nacional aplicada aos produtos, tal como, buscou analisar suas consequências econômicas e ambientais no país.

A legislação em vigor, no momento atual, consta da Resolução nº 416/09, que regulariza as ações relacionadas à cadeia de pós-consumo dos pneus e determina como responsáveis os produtores e importadores do produto, os quais devem atender suas exigências. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é uma lei que também opera em aspectos relacionados aos pneus inservíveis, tratando-os como um passivo de todos agentes econômicos envolvidos no ciclo de vida do produto. Com isso, a fim de aprimorar a eficácia do Programa Nacional de Coleta e Destinação dos Pneus Inservíveis e atender os requisitos legais, criou-se a Reciclanip. A entidade, responsável pela gestão dos pneus inservíveis, atua desde a coleta do material até sua destinação final no território nacional.

Segundo a Reciclanip, o sistema de logística reversa conta com mais de 800 pontos de coleta distribuídos pelas regiões do país. Desde o início das atividades do Programa Nacional de Coleta e Destinação dos Pneus Inservíveis, em 1999, até o fim de 2014, mais de 3 milhões de pneus foram recolhidos e destinados corretamente. Tal quantidade poderia ter sido descartada no meio natural de forma inadequada, contribuindo para o aumento das adversidades sociais e ambientais associadas aos pneus, como a contaminação de solos e atuação enquanto criadouro de vetores de doenças.

O Brasil apresenta diversos procedimentos associados às destinações finais, aprovados por leis, oferecidos aos pneus inservíveis. Os mesmos se dão a partir de processos de reciclagem, reaproveitamento do material originado, além da valorização energética do produto. A atividade de co-processamento destina a maior parte dos produtos coletados, apesar de liberar subprodutos tóxicos na atmosfera. No ano de 2013, por exemplo, 54,4% dos

pneus coletados foram utilizados na produção de cimento e como fonte de energia. A pirólise, ainda que tenham sido apontadas diversas vantagens ambientais e comerciais, consiste na destinação menos aplicada no país. No mesmo ano, 0,003% do material foi direcionado ao processo. A técnica de industrialização de xisto, desenvolvida pela PETROBRAS, no entanto, participou em 2,99% na destinação correta do produto. Os processos de granulação e laminação destinaram 33,68% e 8,92% dos pneus inservíveis em 2013, respectivamente. A presença de atividades não regulamentadas pela legislação, como a pavimentação asfáltica, também contribuem para a redução dos pneus que seriam despejados de forma imprópria ao meio ambiente.

Sendo assim, observou-se que as metas de destinação adequada, ainda que não apresente eficácia plena, evidencia dados positivos significativos. Nos últimos anos, o cumprimento das mesmas foi em torno de 90%, o que indica considerável aplicabilidade das leis e do sistema de logística reversa utilizado. Vale ressaltar, que a existência do Mercado de Crédito de pneus configura-se em uma ferramenta de auxílio que colabora para o atendimento das leis.

Através dos dados analisados neste trabalho, foi possível verificar que a presença do processo de logística reversa é fundamental para que a organização do ciclo de vida pós-consumo do produto seja efetuado. A Reciclanip, tratando-se do elemento central da estratégia de gestão dos pneus inservíveis, trouxe benefícios não apenas para preservação da natureza, mas também para o bem estar da sociedade. A atuação da entidade engloba participação em processos que envolvem o material como fontes alternativas de energia, contribui para a redução do custo de produção das empresas, além de propiciar o desenvolvimento de novas técnicas de reaproveitamento dos pneus inservíveis no país.

No entanto, a colaboração absoluta dos consumidores, de encaminhar os produtos para locais de recolhimento regulados, trata-se de um fator indispensável para a execução e avanço do sistema de gestão nacional. Assim como, a inexistência de incentivos governamentais no Brasil, no que diz respeito à reciclagem, reutilização e valorização energética dos pneus trata-se de um aspecto relevante que pode estar associado ao nível de eficiência do processo analisado. O financiamento de todo o processo de logística reversa é dado pelos produtores e importadores de pneus novos.

Com isso, para que haja evolução e a extinção das externalidades negativas geradas pelo descarte inadequado dos pneus inservíveis, é imprescindível que haja envolvimento e conscientização de toda a população, governo e agentes que participam dos processos. A responsabilidade precisa ser compartilhada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma ABNT NBR 10004:2004. Disponível em: <www.abnt.org.br/>. Acesso em: 25/08/2015.

ANIP - Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos. Reciclanip. Disponível em: <<http://www.reciclanip.org.br/v3/>>. Acesso em: 21/09/2015.

BALLOU, R. H.. Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

BERTOLLO, S. A. M.; FERNANDES JR., J. L.; SCHALCH, V.. Benefícios da Incorporação de Borracha de Pneus em Pavimentos Asfálticos, In: XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITARIA, Cancun, México, 2002.

BRASIL. Ministério dos Transportes - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 111/2009 - Especificação de material. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-material-em/dnit111_2009_em.pdf>. Acesso em: 30/04/2016.

BRASIL. Ministério dos Transportes - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 112/2009 - Especificação de serviço. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit112_2009_es.pdf>. Acesso em: 30/04/2016.

BRASIL. Decreto Lei nº 12.305, agosto de 10. Aprova a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 20/08/2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 416, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada. Publicada no DOU Nº 188, de 01/10/2009, págs. 64-65. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>>. Acesso em: 30/04/2016.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 264, de 26 de agosto de 1999. Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos. Publicada no DOU nº 54, 20/03/00, Seção 1, páginas 80-83.

BRITO, Marisa; DEKKER, Rommert. A Framework for Reverse. ERIM- Report Series Research in Management, ERS-2003-045-LIS. Erasmus Universiteit Rotterdam, Netherlands, 2003.

BVRIO – Bolsa Verde do Rio de Janeiro. Créditos de Destinação Final Adequada de Pneus. Disponível em: <www.bvrio.org/>. Acesso em: 25/08/2015.

BVRIO – Bolsa Verde do Rio de Janeiro. Relatório de Atividades 2011-2013. Disponível em: <www.bvrio.org/>. Acesso em: 25/08/2015.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Agência Câmara Notícias - CCJ aprova preferência para asfalto-borracha na pavimentação de ruas, 06/06/2014. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/TRANSPORTE-E-TRANSITO/469899-CCJ-APROVA-PREFERENCIA-PARA-ASFALTO-BORRACHA-NA-PAVIMENTACAO-DE-RUAS.html>>. Acesso em: 06/10/2015.

CHAVES, G. L. D.; BATALHA, M. O. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. Gestão & Produção, v.13, n.3, São Carlos, set./dez, 2006.

COASE, R. H. The Problem of Social Cost. 3ª edição, Journal of Law and Economics. Out, 1960.

COMISSÃO EUROPEIA. Diretiva Europeia 1999/31/EC e Diretiva Europeia 2008/98/EC. Disponível em: <ec.europa.eu/index_en.htm>. Acesso em: 26/08/2015.

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. Registro Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM) - Relatórios: Frota Regiões Tipo UF AGO.2013, 2014, 2015. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota2014.htm>>. Acesso em: 23/09/2015.

DUNLOP. A Invenção do Pneu. Disponível em: <<http://dunloppneus.com.br/sobre-a-dunlop/a-invencao-do-pneu/>>. Acesso em: 17/09/2015.

EC – EUROPEAN COMISSION. Directive 2000/53/EC - End of Life Vehicles (ELV). Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/elv/>>. Acesso em: 10/10/2015.

ETRMA - European Tyre and Rubber Manufacturers' Association. End of Life Tyres. Disponível em: <<http://www.etrma.org/tyres/ELTs>>. Acesso em: 30/04/2016

ETRMA - European Tyre and Rubber Manufacturers' Association. End of Life Tyres (ELT) - A valuable resource with growing potential 2011 edition. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/eip/raw-materials/en/system/files/ged/62%20Annex%20-%20End%20of%20life%20tyres%202011.pdf>>. Acesso em: 10/10/2015.

ETRMA - European Tyre and Rubber Manufacturers' Association. Sobre a European Tyre and Rubber Manufacturers' Association. Disponível em: <<http://www.etrma.org/about-etrma>>. Acesso em: 29/09/2015.

ETRMA - European Tyre and Rubber Manufacturers' Association. Statistics Edition 2014. Disponível em: <[http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20150408---statistics-booklet-2014-final-\(modified\).pdf](http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20150408---statistics-booklet-2014-final-(modified).pdf)>. Acesso em: 29/09/2015.

GOOD YEAR. A Vida Útil de um Pneu. Disponível em: <http://www.goodyear.com.br/pneus-carro/conservando-pneu/vida-util-pneu/>. Acesso em: 18/09/2015.

GRECA ASFALTOS. ECOFLEX – Asfalto Ecológico. Disponível em: <<http://www.asfaltoborracha.com.br/index.php/1-art-historia-asfalto-borracha-brasil>>. Acesso em: 06/10/2015.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de Pneumáticos - Ano 2012, Dados apresentados no Relatório de Pneumáticos – Resolução CONAMA nº. 416/2009 do CTF. Agosto de 2012. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: 27/09/2015.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de Pneumáticos 2013 - Resolução Conama nº. 416/2009, Dados apresentados no Relatório de Pneumáticos – Resolução CONAMA nº. 416/2009 do CTF. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: 27/09/2015.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de Pneumáticos Out/2009 – Dez/2010 (Versão 2), Dados apresentados no Relatório de Pneumáticos – Resolução CONAMA nº. 416/2009 do CTF. Disponível em <www.ibama.gov.br>. Acesso em: 27/09/2015.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de Pneumáticos Out/2009 – Dez/2010. Agosto, 2011.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de Pneumáticos 2012. Agosto, 2012.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de Pneumáticos 2013.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de Pneumáticos 2014.

INFOPNEUS. História do Pneu. Desenvolvido com *Wordpress*. Disponível em:
<<http://www.infopneus.com.br/historia-do-pneu/>>. Acesso em: 17/09/2015.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Procedimento de Fiscalização - Pneus Novos. Disponível em:
<http://www.inmetro.gov.br/fiscalizacao/treinamento/pneus_automotivos.pdf>. Acesso em: 20/09/2015.

JOHNSON, Ben. HISTORIC UK – The History and Heritage Accomodation Guide. Robert William Thomson. Disponível em: <<http://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofScotland/Robert-William-Thomson/>>. Acesso em: 12/11/2015.

LAGARINHOS, Carlos. Reciclagem de pneus: Análise do Impacto da Legislação Ambiental através da Logística Reversa. São Paulo, 2011. 263f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LAGARINHOS, Carlos; TENÓRIO, Jorge. Logística Reversa de Pneus usados no Brasil. Artigo Técnico – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, EPUSP. São Paulo, 2013.

LAGARINHOS, Carlos; TENÓRIO, Jorge. Tecnologias Utilizadas para a Reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Paulo, vol. 18, nº 2, p. 106-118, 2008.

MARSHALL, Alfred. *Principles of Economics*. 8ª edição. Londres: Macmillan and Co, 1920.

MARTINS, Petrônio; LAUGENI, Fernando. *Administração da Produção*. 2ª edição. São Paulo: Saraiva, 2005.

MICHELIN. O que compõem um pneu?. Disponível em: <http://www.michelin.pt/pneus-turismo/conselhos/tudo-sobre-o-pneu/o-que-compoe-um-pneu>. Acesso em: 18/09/2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis IBAMA - Relatório de Pneumáticos 2014 – Resolução CONAMA Nº 416/09. Agosto de 2011. Disponível em:
<<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/4?download=9649%3Arelatorio-pneumaticos-2014>>. Acesso em: 27/09/2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Resolução CONAMA nº 416/09. Disponível em:
<www.mma.gov.br/>. Acesso em: 25/08/2015.

MINISTÉRIO DO TRANSPORTE - MT. Transporte no Brasil – Síntese História. Disponível em:
<<http://www.transportes.gov.br/conteudo/136-transportes-no-brasil-sintese-historica.html>>. Acesso em: 20/09/2015.

NOHARA, Jouliana Jordan; ACEVEDO, Cláudia; PIRES, Bely; CORSINO, Renato. GS40 - Resíduos Sólidos: Passivo Ambiental e Reciclagem de Pneus. THESIS - revista eletrônica, São Paulo, ano I, v.3, p. 21-57, 2005. Disponível em:
<http://www.researchgate.net/profile/Jouliana_Nohara/publication/255623551_GS40_-_RESDUOS_SLIDOS_PASSIVO_AMBIENTAL_E_RECICLAGEM_DE_PNEUS/links/54f83b060cf2ccffe9dd5f10.pdf>. Acesso em: 02/10/2015.

PETROBRAS. Asfalto-Borracha. Disponível em:
<[http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/asfalticos/autoborracha!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ_dQQ_2CbEdFAGNDEBo!/>](http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/asfalticos/autoborracha!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ_dQQ_2CbEdFAGNDEBo!/)>. Acesso em: 06/10/2015.

PETROBRAS. Notícias: 11 Milhões de Pneus Reaproveitados. 1/10/2009. Disponível em:
<<http://sites.petrobras.com.br/minisite/ambiental/noticias/11-milhoes-de-pneus-reaproveitados/>>. Acesso em: 04/10/2015.

PETROBRAS. Refinarias - Unidade de Industrialização do Xisto (SIX). Disponível em:
<<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/unidade-de-industrializacao-do-xisto-six.htm>>. Acesso em: 06/10/2015.

PIGOU, Arthur Cecil. The Economics of Welfare. 4ª edição. London: Macmillan, 1932.

PORTAL DA SAÚDE. Boletim Epidemiológico. Secretaria de Vigilância em Saúde – Ministério da Saúde. Volume 46 N° 23 – 2015. Vigilância epidemiológica da febre amarela e a importância do monitoramento no período sazonal, Brasil, 2014-2015. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2015/agosto/07/2015-008---FA.pdf>>. Acesso em: 23/09/2015.

PORTAL DA SAÚDE. Ministério da Saúde. Descrição da Doença. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/descricao-da-doenca-dengue>>. Acesso em: 23/09/2015.

RECICLANIP. O ciclo sustentável do pneu. Disponível em: <<http://www.reciclanip.org.br/>>. Acesso em: 01/08/2015.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMKLE, R. S.. Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices. University Nevada, Reno, 1998.

SIGNUS- Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados. ¿QUÉ ES SIGNUS?. Disponível em: <<http://www.signus.es/es/sobre-signus/info/que-es-signus>>. Acesso em: 30/09/2015.

SINPEC - Sindicato Nacional da Indústria de Pneumáticos. História do Pneu. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/sinpec/sobre-o-sinpec/historia-do-pneu/>>. Acesso em: 17/09/2015.

VALOR PNEU. A Gestão de Pneus Usados na Europa. Disponível em: <http://www.valorpneu.pt/artigo.aspx?lang=pt&id_object=336&name=A-Gestao-de-Pneus-Usados-na-Europa>. Acesso em: 30/09/2015.

VASCONCELLO, Marco; GARCIA, Manuel. Fundamentos de Economia. 3ª edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2009.

VELOSO, Zilda. Ciclo de Vida dos Pneus. <<http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/palestras/Zilda-Maria-Faria-Veloso-Ciclo-Vida-Pneus.pdf>>. Acesso em: 23/09/2015.